



# REABILITAÇÃO DE BETÕES EM SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

**CLÁUDIA SOFIA MAGALHÃES REBELO**

novembro de 2017



REABILITAÇÃO DE BETÕES EM SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS  
**isep**

## REABILITAÇÃO DE BETÕES EM SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

CLÁUDIA SOFIA MAGALHÃES REBELO  
Outubro de 2017



**REABILITAÇÃO DE BETÕES**  
**EM**  
**SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

CLÁUDIA SOFIA MAGALHÃES REBELO

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS**

Orientador: António Francisco Soto Maior Pestana da Silva

Supervisor: José Manuel Benevides Rego Costa (SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A.)

**OUTUBRO DE 2017**





# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Índice de Gráficos.....	xxi
Abreviaturas .....	xxiii
CAPÍTULO 1    Introdução.....	1
CAPÍTULO 2    Entidade de Acolhimento.....	5
CAPÍTULO 3    Degradação do Betão nos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais .....	7
CAPÍTULO 4    Reabilitação do Betão em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais .....	15
CAPÍTULO 5    Caso de Estudo: Reabilitação de Caixas de Visita de Águas Residuais .....	51
CAPÍTULO 6    Estudo Experimental de Revestimentos em Argamassas .....	79
CAPÍTULO 7    Considerações Finais.....	107
Referências Bibliográficas .....	109
Anexo 1 – Produtos para Reparação/Proteção do Betão .....	113
Anexo 2 – Fichas Técnicas .....	119



## RESUMO

O betão é o material mais utilizado nas infraestruturas dos sistemas de drenagem de águas residuais. A experiência evidenciada ao longo dos anos demonstra que este material de construção não tem a resistência química necessária para sobreviver durante toda a vida útil dos sistemas. A agressividade química, não só do efluente mas também da atmosfera que se cria no interior dos órgãos, ataca de forma devastadora o betão, podendo mesmo colocar em causa a integridade da infraestrutura.

Antes de realizar qualquer tipo de intervenção de reabilitação, é necessário tomar conhecimento das patologias existentes nas infraestruturas bem como das suas causas, sendo também fundamental caracterizar a agressividade do meio em contacto com o betão. Terminado este processo é então possível executar um projeto de intervenção.

No mercado português existe uma diversificada oferta de materiais para reabilitar sistemas de drenagem de águas residuais. Atualmente, em empreitadas de reabilitação de betão têm vindo a ser aplicados produtos de base cimentícia (argamassas), produtos em epóxi e poliureia, e revestimentos termoplásticos. Tendo em vista a reabilitação do betão das caixas de visita, neste relatório são apresentadas várias soluções, acompanhadas por uma estimativa orçamental.

A experiência da SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. mostra que as caixas de visita das redes de saneamento do Município de Vila Nova de Gaia são órgãos nos quais se verifica, com muita frequência, um acelerado processo de degradação do betão. A agressividade química do efluente e da atmosfera por ele criado é, como é evidente, uma causa direta desta degradação. Porém, é também grande o impacto de erros cometidos durante a fase construtiva.

Para que seja possível selecionar devidamente os produtos a aplicar nas tarefas de reabilitação dos betões é necessário conhecer o comportamento dos produtos disponíveis. Tal facto torna-se mais evidente quando são utilizadas argamassas de revestimento, pois de todos os produtos usualmente aplicados são estes os que têm apresentado uma menor durabilidade. Para conhecer melhor o comportamento dessas mesmas argamassas foi realizado um ensaio de campo, em condições reais, que incidiu sobre sete produtos de proteção e se prolongou ao longo de quatro meses.

**Palavras-chave:** Reabilitação do betão, degradação do betão, argamassas de revestimento, revestimento com epóxi e revestimento com termoplástico, NP EN 1504



## ABSTRACT

Concrete is the most used material in the infrastructures of wastewater drainage systems. Experience has shown over the years that this construction material does not have the chemical resistance needed to survive throughout the life of the systems. The chemical aggression, not only of the effluent but also of the atmosphere created inside the organs, devastatingly attack concrete, and may even jeopardize the integrity of the infrastructure.

Before performing any kind of rehabilitation intervention, it is necessary to be aware of the existing pathologies in the infrastructures as well as their causes, it is also essential to characterize the aggressiveness of the environment in contact with the concrete. After this process, it is then possible to carry out an intervention project.

In the Portuguese market a diversified offer of materials to rehabilitate wastewater drainage systems is available. Currently in concrete rehabilitation works, cementitious products (mortars), epoxy and polyurea products, and thermoplastic coatings have been applied. Given the rehabilitation of concrete manholes, this report presents a variety of solutions available, each one of them accompanied by a budget estimate.

The experience of SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. shows that the manholes for the sanitation networks of the Vila Nova de Gaia County are organs in which an accelerated process of concrete degradation often occurs. The chemical aggressiveness of the effluent and the atmosphere it creates is, of course, a direct cause of this degradation. However, the impact of errors made during the construction phase is also great.

In order to select the right products to be applied in the concrete rehabilitation tasks, it is necessary to know the behaviour of the available products. This becomes more evident when coating mortars are used, because among all the products usually applied, these are the ones that have presented a lower durability. To better understand the behaviour of these mortars, an experimental four-month study was carried out involving seven protection systems.

**Key words:** Concrete rehabilitation, concrete degradation, coating mortar, epoxy coating and thermoplastic coating, NP EN 1504



## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste estágio curricular, para além de ter um elevado peso académico, simboliza também o término da minha etapa académica.

Gostaria de agradecer às pessoas que me apoiaram e me motivaram durante todo este percurso. Portanto, os parágrafos que se seguem servem para demonstrar todo o meu reconhecimento pelo apoio que recebi.

Ao Engenheiro António Francisco Soto Maior Pestana da Silva, orientador deste relatório de estágio, quero agradecer a disponibilidade e dedicação demonstrada durante estes meses de trabalho.

Ao Engenheiro José Manuel Benevides Rego Costa, supervisor deste estágio, quero agradecer a forma acolhedora como fui recebida na empresa. À Engenheira Catarina Tuna e à Engenheira Teresa Bastos, na prática também supervisoras deste estágio, o meu muito obrigada pelo acompanhamento, partilha de conhecimento e disponibilidade. À Elisabete, à Mónica e à Isabel, colaboradoras da SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A., agradeço todo o apoio recebido, o companheirismo e todos os momentos de boa disposição.

Ao Engenheiro Armando Camelo, agradeço toda a partilha de conhecimento e disponibilidade.

Ao Engenheiro Humberto Gonçalves, quero agradecer o apoio prestado na realização do estudo experimental.

Ao Nelson Rosa, à Mariana Pinto, ao Ricardo Veloso, ao Ricardo Pacheco e ao Domingos Cunha, o meu muito obrigada pela partilha de informação e pela disponibilidade para esclarecerem as minhas dúvidas.

Aos meus pais tenho de agradecer o apoio e confiança que desde sempre depositaram em mim. Cada um à sua maneira, exigiram sempre mais e melhor de mim, porque sei que desejam o melhor para o meu futuro.

Ao Eduardo agradeço tudo. Obrigada por estares sempre presente, pelo apoio incondicional, por reconheceres as minhas capacidades, o meu valor, por nunca me deixares desistir e porque és o primeiro a acreditar e a dizer “Tu vais conseguir!”.





# ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.2	Objetivo.....	2
1.3	Estrutura do Relatório .....	3
CAPÍTULO 2	Entidade de Acolhimento.....	5
2.1	A SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. ....	5
2.1.1	Sistema de Vila Nova de Gaia .....	6
CAPÍTULO 3	Degradação do Betão nos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais .....	7
3.1	Nota Introdutória.....	7
3.2	Causas da Degradação do Betão.....	7
3.2.1	Panorama geral.....	7
3.2.2	A agressividade da atmosfera interior .....	9
3.3	Principais Consequências da Degradação dos Sistemas de Drenagem .....	13
CAPÍTULO 4	Reabilitação do Betão em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais .....	15
4.1	Nota Prévia .....	15
4.2	Métodos para Identificação de Patologias no Betão.....	16
4.2.1	Inspeção visual.....	16
4.2.2	Ensaio com recurso à fenolftaleína.....	17
4.2.3	Medições de pH e da concentração de gás sulfídrico .....	18
4.3	Especificação Normativas para o Tratamento das Patologias dos Betões – A Norma NP EN 1504 .....	21
4.3.1	A estrutura da NP EN 1504.....	21
4.3.2	Proteção superficial das superfícies de betão .....	25

4.3.3	Reparação estrutural e não estrutural das superfícies de betão .....	28
4.4	Tipos de Materiais Utilizados na Reabilitação do Betão .....	29
4.4.1	Argamassas .....	30
4.4.2	Epóxi .....	35
4.4.3	Poliureia .....	37
4.4.4	Termoplásticos.....	37
4.4.5	Síntese das características dos materiais .....	42
4.5	Fases de Execução da Reabilitação .....	43
4.5.1	Preparação do substrato .....	43
4.5.2	Colmatação de entradas de água .....	46
4.5.3	Tratamento das armaduras .....	46
4.5.4	Tratamento de fissuras com injeção de resinas .....	48
4.5.5	Reparação do betão.....	49
4.5.6	Impermeabilização do betão .....	50
CAPÍTULO 5	Caso de Estudo: Reabilitação de Caixas de Visita de Águas Residuais.....	51
5.1	Caixas de Visita.....	51
5.2	Patologias Comuns.....	52
5.3	Obras de Reabilitação de Caixas de Visita .....	57
5.3.1	Trabalhos a efetuar.....	57
5.3.2	Estaleiro .....	59
5.3.3	<i>By-pass</i> .....	60
5.4	Algumas Soluções para Reabilitar Caixas de Visita .....	61
5.4.1	Soluções MC-BAUCHEMIE .....	62
5.4.2	Soluções REDECOR.....	63
5.4.3	Soluções HERMES QI TECHNOLOGIE .....	64
5.4.4	Soluções MAPEI .....	65
5.4.5	Soluções SIKA.....	66

5.5	Estimativa Orçamental.....	67
5.5.1	Custos de mão-de-obra para aplicação de argamassas, de epóxis e de primários.....	67
5.5.2	Custo de preparação do substrato .....	68
5.5.3	Custo para infraestruturas provisórias e custo de estaleiro .....	68
5.5.4	Custo para argamassas de tamponamento de vias de água .....	70
5.5.5	Custo para reparação e proteção do betão de caixas de visita.....	71
5.5.6	Custo final da reabilitação de caixas de visita .....	74
CAPÍTULO 6	Estudo Experimental de Revestimentos em Argamassas .....	79
6.1	Fundamento.....	79
6.2	Seleção das Argamassas a Estudar .....	80
6.3	Execução dos Provetes .....	81
6.3.1	Amassadura .....	81
6.3.2	Preparação e cura dos provetes .....	84
6.4	Colocação dos Provetes na Caixa de Alimentação .....	88
6.5	Procedimentos Adotados .....	90
6.6	Resultados.....	95
6.6.1	Medição de pH.....	95
6.6.2	Pesagem dos provetes.....	97
6.6.3	Observação visual.....	101
6.6.4	Análise qualitativa dos resultados.....	106
CAPÍTULO 7	Considerações Finais.....	107
7.1	Conclusão.....	107
7.2	Desenvolvimentos Futuros .....	108



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estrutura funcional da SIMDOURO (SIMDOURO, 2017).....	5
Figura 2.2 – Sistema de Vila Nova de Gaia (SIMDOURO, 2017) .....	6
Figura 3.1 – Acumulação de materiais no interior de uma caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	8
Figura 3.2 – Toxicidade associada à concentração de H <sub>2</sub> S (Coito, 2014) .....	9
Figura 3.3 – Thiobacillus ( <i>thiobacillus</i> - Pesquisa Google, [s.d.]).....	10
Figura 3.4 – Degradação do betão, adaptado de: (MAPEI, 2017) .....	12
Figura 3.5 – Degradação do betão devida à agressividade da atmosfera interior, fonte: SIMDOURO .....	12
Figura 4.1 – Alteração de cor da fenolftaleína em meios alcalinos, adaptado de (Luísa, 2014).....	17
Figura 4.2 – Medidor de pH de contato .....	19
Figura 4.3 – Fitas medidoras de pH (medidores de pH - Pesquisa Google, [s.d.]).....	19
Figura 4.4 – Colocação do medidor de H <sub>2</sub> S numa caixa de alimentação de um digestor de lamas na ETAR de Gaia Litoral .....	20
Figura 4.5 – Medição da concentração de H <sub>2</sub> S na caixa de alimentação de um digestor de lamas na ETAR de Gaia Litoral .....	21
Figura 4.6 – Partes constituintes da NP EN 1504 (Pina, 2009).....	22
Figura 4.7 – Exemplo de um rótulo (REDECOR, [s.d.]) .....	24
Figura 4.8 – Representação de uma impregnação hidrofóbica (NP EN 1504-2, 2006).....	25
Figura 4.9 – Representação de uma impregnação (NP EN 1504-2, 2006) .....	26
Figura 4.10 – Representação de um revestimento da superfície (NP EN 1504-2, 2006).....	26
Figura 4.11 – Excerto do Quadro 1 da norma NP EN 1504-2 “Características de desempenho para produtos e sistemas de proteção superficial segundo os princípios e métodos definidos na ENV 1504-9”, adaptado de (NP EN 1504-2, 2006).....	27

Figura 4.12 – Excerto do Quadro 5 da norma NP EN 1504-2 “Requisitos de desempenho para o revestimento por pintura”, adaptado de (NP EN 1504-2, 2006) .....	27
Figura 4.13 – Excerto do Quadro 1 da norma NP EN 1504-3 “Características de desempenho dos produtos de reparação estrutural e não estrutural para todas as utilizações e para certas utilizações”, adaptado de (NP EN 1504-3, 2006) .....	28
Figura 4.14 – Excerto do Quadro 3 da norma NP EN 1504-3 “Requisitos de desempenho de produtos de reparação estrutural e não estrutural”, adaptado de (NP EN 1504-3, 2006) .....	29
Figura 4.15 – Argamassa aplica à mão (Catarino, 2010) .....	33
Figura 4.16 – Esquema de aplicação de um sistema 2-em-1 (MC-Bauchemie, 2017) .....	35
Figura 4.17 – Chapas de PEAD .....	38
Figura 4.18 – Cordão de soldadura em PEAD .....	38
Figura 4.19 – Realização do ensaio “Spark test”, fonte: Limpa Canal .....	39
Figura 4.20 – Revestimento termoplástico em obra nova, fonte: Limpa Canal .....	40
Figura 4.21 – Consistência do grout .....	40
Figura 4.22 – Principais fases do trabalho utilizando revestimento termoplástico, fonte: Águas do Centro Litoral .....	41
Figura 4.23 – Deteção por percussão – a) – e remoção de material desligado – b), adaptado de (Catarino, 2010) .....	43
Figura 4.24 – Remoção do betão por percussão, por disco para realizar o contorno da área a reparar e por jato de água, adaptado de (Catarino, 2010) .....	44
Figura 4.25 – Identificação da fissura, fonte: SIMDOURO.....	44
Figura 4.26 – Hidrodecapagem do betão de uma caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	45
Figura 4.27 - Medição da rugosidade do substrato, fonte: Limpa Canal .....	45
Figura 4.28 – Colmatação de entrada de água, adaptado de (Stop leaks fast with the ‘water stopper’ Vandex Plug from Safeguard – BFM Magazine, [s.d.]) .....	46
Figura 4.29 – Limpeza por detrás dos varões utilizando jato de areia (Catarino, 2010).....	47
Figura 4.30 – Tratamento de armaduras após preparação do substrato .....	47
Figura 4.31 – Tratamento de fissuras num decantador, fonte: SIMDOURO .....	49
Figura 4.32 – Decantador reabilitado com argamassa, fonte: SIMDOURO.....	50

Figura 5.1 – Caixas de visita: a) nivelada; b) elevada; c) enterrada, fonte: SIMDOURO .....	51
Figura 5.2 – Patologias em caixas de visita, adaptado de: Limpa Canal.....	52
Figura 5.3 – Gola da caixa de visita partida, fonte: SIMDOURO.....	53
Figura 5.4 – Juntas entre manilhas não rematadas, fonte: SIMDOURO .....	53
Figura 5.5 – Entrada de água pela fixação dos degraus, fonte: SIMDOURO .....	54
Figura 5.6 – Má ligação entre a tubagem e a caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	54
Figura 5.7 – Infiltração, fonte: SIMDOURO .....	55
Figura 5.8 – Rutura da parede de uma caixa de visita acompanha por entrada de material para o interior da mesma, fonte: SIMDOURO.....	55
Figura 5.9 – Entrada de raízes pelas juntas entre manilhas para o interior da caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	56
Figura 5.10 – Problemas na meia cana da caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	56
Figura 5.11 – Deslocamento do cone, fonte: SIMDOURO.....	57
Figura 5.12 – Resultado da reabilitação utilizando argamassas, fonte: SIMDOURO .....	58
Figura 5.13 – Resultado da reabilitação utilizando epóxi, fonte: SIMDOURO .....	58
Figura 5.14 – Revestimento no exterior da caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	59
Figura 5.15 – Estaleiro de uma empreitada de reabilitação de caixas de visita, fonte: SIMDOURO .....	60
Figura 5.16 – Tipos de <i>by-pass</i> .....	60
Figura 5.17 – <i>By-pass</i> pelo interior da caixa de visita, fonte: SIMDOURO .....	61
Figura 6.1 – Degradação do revestimento em argamassa .....	79
Figura 6.2 – Misturador utilizado para realização das amassaduras. ....	82
Figura 6.3 – Pesagem do produto a utilizar na argamassa.....	83
Figura 6.4 – Medição da água de amassadura .....	83
Figura 6.5 – Realização da amassadura.....	84
Figura 6.6 – Resultado final da amassadura executada com ombran MHP.....	84
Figura 6.7 – Aspeto após compactação: Ergelit KT 10 .....	85
Figura 6.8 – Remoção do excesso de argamassa: ombran MHP.....	86
Figura 6.9 – Colocação dos moldes na câmara húmida .....	87

Figura 6.10 – Identificação dos provetes.....	87
Figura 6.11 – Aspeto final dos provetes do sistema S.2.....	88
Figura 6.12 – Colocação dos provetes nos respetivos cestos.....	89
Figura 6.13 – Colocação dos provetes na caixa de alimentação do digestor de lamas .....	89
Figura 6.14 – Molhagem dos provetes: veem-se dois conjuntos de provetes mergulhados no efluente .	91
Figura 6.15 – Aspeto dos provetes após molhagem .....	91
Figura 6.16 – Lavagem dos provetes .....	92
Figura 6.17 – Remoção da água aderente à superfície de um provete.....	92
Figura 6.18 – Pesagem de um provete .....	93
Figura 6.19 – Medição do valor de pH de um provete .....	93
Figura 6.20 – Recolha de uma amostra do efluente .....	94
Figura 6.21 – Medição do pH de uma amostra do efluente.....	94
Figura 6.22 – Início do ensaio .....	101
Figura 6.23 – Quinta semana de ensaio .....	102
Figura 6.24 – Oitava semana de ensaio.....	103
Figura 6.25 – Décima quarta semana de ensaio.....	104
Figura 6.26 – Décima sétima semana de ensaio: Final do ensaio .....	105
Figura 6.27 – Observação visual dos provetes .....	106



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1– Propriedades mecânicas de argamassas de reparação/proteção, adaptado de (Catarino, 2010)	30
Tabela 4.2 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de revestimentos	42
Tabela 5.1 – Soluções de reabilitação usando produtos da MC-BAUCHEMIE	63
Tabela 5.2 – Soluções de reabilitação usando produtos da REDECOR	64
Tabela 5.3 – Solução de reabilitação usando produtos da HERMES QI TECHNOLOGIE	65
Tabela 5.4 – Solução de reabilitação usando produtos da MAPEI	66
Tabela 5.5 – Solução de reabilitação usando produtos da SIKA	67
Tabela 5.6 – Custos de mão-de-obra para aplicação de argamassas, de epóxis e de primários de aderência	68
Tabela 5.7 – Custo de preparação do substrato	68
Tabela 5.8 – Custo de estaleiro e de infraestruturas provisórias, por caixa de visita	69
Tabela 5.9 – Custo de fornecimento mais aplicação	70
Tabela 5.10 – Custo de produtos mais aplicação para argamassas de tamponamento de vias de água	71
Tabela 5.11 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita: custo de produto + aplicação, para as soluções da marca MC-BAUCHEMIE	72
Tabela 5.12 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita: custo de produto + aplicação, para as soluções da marca REDECOR	72
Tabela 5.13 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita: custo de produto + aplicação, para as soluções da marca HERMES QI TECHNOLOGIE	73
Tabela 5.14 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita: custo de produto + aplicação, para as soluções da marca MAPEI	73
Tabela 5.15 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita: custo de produto + aplicação, para as soluções da marca SIKA	74

Tabela 5.16 – Dados relativos à geometria da caixa de visita .....	75
Tabela 5.17 – Custo final de reabilitação utilizando produtos da marca MC-BAUCHEMIE .....	76
Tabela 5.18 – Custo final de reabilitação utilizando produtos da marca REDECOR.....	76
Tabela 5.19 – Custos finais de reabilitação utilizando produtos da marca HERMES QI TECHNOLOGIE ....	76
Tabela 5.20 – Custo final utilizando produtos da marca MAPEI .....	76
Tabela 5.21 – Custo final utilizando produtos da marca SIKA.....	76
Tabela 5.22 – Comparação entre as várias soluções.....	77
Tabela 6.1 – Nomenclatura adotada .....	81
Tabela 6.2 – Quantidade de água de amassadura utilizada em cada produto .....	82
Tabela 6.3 – Tempo de cura .....	86

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 – Medição do valor de pH do efluente .....	95
Gráfico 6.2 - Valor de pH: sistema S.1 .....	95
Gráfico 6.3 – Valor de pH: sistema S.2 .....	95
Gráfico 6.4 – Valor de pH: sistema S.3 .....	96
Gráfico 6.5 – Valor de pH: sistema S.4 .....	96
Gráfico 6.6 – Valor de pH: sistema S.5 .....	96
Gráfico 6.7 – Valor de pH: sistema S.6 .....	96
Gráfico 6.8 – Valor de pH: sistema S.7 .....	96
Gráfico 6.9 – Pesagem dos provetes: sistema S.1 .....	97
Gráfico 6.10 – Pesagem dos provetes: sistema S.2 .....	97
Gráfico 6.11 – Pesagem dos provetes: sistema S.3 .....	97
Gráfico 6.12 – Pesagem dos provetes: sistema S.4 .....	97
Gráfico 6.13 – Pesagem dos provetes: sistema S.5 .....	98
Gráfico 6.14 – Pesagem dos provetes: sistema S.6 .....	98
Gráfico 6.15 – Pesagem dos provetes: sistema S.7 .....	98
Gráfico 6.16 – Redução de massa: sistema S.1 .....	99
Gráfico 6.17 – Redução de massa: sistema S.2 .....	99
Gráfico 6.18 – Redução de massa: sistema S.3 .....	99
Gráfico 6.19 – Redução de massa: sistema S.4 .....	99
Gráfico 6.20 – Redução de massa: sistema S.5 .....	100
Gráfico 6.21 – Redução de massa: sistema S.6 .....	100
Gráfico 6.22 – Redução de massa: sistema S.7 .....	100



## **ABREVIATURAS**

AdP – Águas de Portugal, SGPS, S.A

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

Int – Intercetor

PEAD – Polietileno de alta densidade

PP – Polipropileno

ppm – Partes por medida

SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A

S.1 – Sistema 1

S.2 – Sistema 2

S.3 – Sistema 3

S.4 – Sistema 4

S.5 – Sistema 5

S.6 – Sistema 6

S.7 – Sistema 7

S.1.1 – Sistema 1 provete 1

S.1.2 – Sistema 1 provete 2

S.1.3 – Sistema 1 provete 3

S.2.1 – Sistema 2 provete 1

S.2.2 – Sistema 2 provete 2

S.2.3 – Sistema 2 provete 3

S.3.1 – Sistema 3 provete 1

S.3.2 – Sistema 3 provete 2

## *ABREVIATURAS*

S.3.3 – Sistema 3 provete 3

S.4.1 – Sistema 4 provete 1

S.4.2 – Sistema 4 provete 2

S.4.3 – Sistema 4 provete 3

S.5.1 – Sistema 5 provete 1

S.5.2 – Sistema 5 provete 2

S.5.3 – Sistema 5 provete 3

S.6.1 – Sistema 6 provete 1

S.6.2 – Sistema 6 provete 2

S.6.3 – Sistema 6 provete 3

S.7.1 – Sistema 7 provete 1

S.7.2 – Sistema 7 provete 2

S.7.3 – Sistema 7 provete 3

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os sistemas de drenagem de águas residuais, que são elementos de grande importância para a preservação do meio ambiente, desempenham um papel fundamental na proteção da saúde e bem-estar das populações por eles servidas (Almeida e Cardoso, 2010). Estas infraestruturas estão em constante utilização e os seus elementos constituintes são frequentemente expostos a ambientes altamente agressivos, pelo que estão sujeitas a uma rápida degradação. A importância das funções desempenhadas pelos sistemas de drenagem de águas residuais bem como o elevado custo que a sua construção representou, levam a que cada vez mais se invista na sua reabilitação, tendo em vista a melhoria do seu desempenho e o cumprimento da legislação ambiental mais recente.

Nos órgãos de drenagem de águas residuais o betão é o material de construção mais utilizado. Porém, é muito frequente que no interior destes órgãos se crie um ambiente fortemente agressivo para o betão. Em órgãos onde o betão não se encontre devidamente protegido poderá ocorrer, por ação do ácido sulfúrico que vai reduzir a alcalinidade da matriz cimentícia, uma degradação significativa deste material de construção. Este ácido sulfúrico é criado por oxidação microbiana aeróbia (acima da linha de água) do sulfureto de hidrogénio, também vulgarmente conhecido por gás sulfídrico (Redner *et al.*, 2004). Para além dos problemas causados pelo ácido sulfúrico, existem ainda outras causas para a degradação do betão em sistemas de drenagem de águas residuais, nomeadamente: erros na conceção da estrutura, inadequação do projeto às condições do meio físico envolvente, incorreta seleção dos materiais, práticas de construção inadequadas, insuficiências de operação e de manutenção, ação mecânica do escoamento e acumulação de material sólido.

De acordo com Redner *et al.* (2004), ao longo dos anos a proteção dos betões em presença de águas residuais tem vindo a ser efetuada recorrendo a diferentes tipos de revestimentos. Em meados da década de 1920 começou-se a utilizar, sem grande êxito, placas de forro de argila vitrificada. Mais tarde, em meados da década de 1960, foram aplicados muitos revestimentos em epóxi. Porém, veio a constatar-se que, quando o epóxi era submetido a grandes concentrações de ácido sulfúrico, o revestimento falhava

em apenas alguns anos. O sistema de proteção que se veio a revelar mais adequado consiste no revestimento das superfícies de betão, durante a construção, com cloreto de polivinilo (PVC).

A experiência dos últimos cinquenta anos mostra que o revestimento com PVC é uma boa solução para a proteção do betão novo. Porém, no que diz respeito sobre aos produtos e às técnicas de aplicação mais adequadas para a reabilitação do betão já degradado, ainda permanecem muitas dúvidas e muitas questões em aberto (Redner *et al.*, 2004).

Está disponível no mercado português uma diversificada gama de produtos com potencial para serem utilizados na reabilitação dos betões utilizados nos sistemas de drenagem de águas residuais. No que respeita a produtos para execução de revestimentos, os produtos que, no nosso país, mais frequentemente se utilizam na reabilitação do betão são as argamassas, os epóxis e os termoplásticos. Na seleção dos produtos a utilizar no processo de reabilitação deverá ser seguida a norma NP EN 1504.

### 1.2 OBJETIVO

Este relatório, que é apresentado para a satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, foi elaborado sob a orientação do Engenheiro António Francisco Soto Maior Pestana da Silva, docente do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O presente documento relata a atividade desenvolvida pela autora durante o seu estágio curricular em ambiente empresarial. Este estágio, que decorreu de Março a Setembro de 2017, foi realizado na área funcional de Gestão de Ativos e Engenharia da SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A., e insere-se no âmbito da Unidade Curricular de DIPRE (Dissertação/Projeto/Estágio) do Curso de Mestrado em Engenharia Civil, ramo de Infraestruturas, do ISEP.

O estágio da autora foi subordinado ao tema “Reabilitação de betões em sistemas de drenagem de águas residuais”. O objetivo principal do estágio foi o de realizar um estudo sobre os vários materiais a aplicar na reabilitação de betões em sistemas de drenagem de águas residuais, com uma atenção particular à reabilitação de caixas de visita. Em complemento a este trabalho foi também efetuada uma análise de custo simplificada incidindo sobre os vários tipos de materiais de reparação/proteção do betão aplicáveis em caixas de visita.

As tarefas executadas no âmbito do estágio para alcançar o objetivo proposto podem ser agrupadas da seguinte forma:

- Análise das causas da degradação dos betões de sistemas de drenagem de águas residuais;
- Análise das especificações normativas aplicáveis à reabilitação de betões (NPEN 1504);
- Análise das fichas técnicas dos produtos para reabilitação de betões disponíveis em Portugal;



- Caracterização das patologias evidenciadas pelas caixas de visita de interceptores de saneamento no Município de Vila Nova de Gaia;
- Definição das intervenções a realizar e materiais a aplicar para a reabilitação das caixas de visita degradadas, incluindo uma análise de custos.

Foram também realizados alguns ensaios de campo destinados a caracterizar o comportamento das argamassas de revestimento, sendo o local de ensaio uma caixa de alimentação de um digestor de lamas numa ETAR (Estação de Gaia Litoral).

### 1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Para além deste capítulo introdutório, o presente relatório é constituído por mais seis capítulos que resumidamente se apresentam de seguida.

No Capítulo 2 é feita uma breve descrição da entidade de acolhimento, a SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A., dando-se especial destaque à área de intervenção pertencente ao município de Vila Nova de Gaia. Destaca-se este município porque foi no seu sistema de drenagem de águas residuais que a autora se baseou para elaborar o presente relatório.

O Capítulo 3 é dedicado à problemática da degradação do betão nos sistemas de drenagem de águas residuais. São apresentadas aqui as principais causas da degradação, dando especial destaque à degradação causada pela agressividade da atmosfera interior.

O Capítulo 4 aborda assuntos mais diretamente ligados à reabilitação do betão em sistemas de drenagem de águas residuais. Inicialmente são apresentados os métodos utilizáveis na identificação das patologias do betão eventualmente existentes nestes sistemas. Chama-se especial atenção para o subcapítulo 4.3 onde são enunciadas as especificações normativas a utilizar no Caderno de Encargos de empreitadas de reabilitação de betões em sistemas de drenagem de águas residuais. Também neste capítulo é feita referência aos vários tipos de materiais utilizados em reabilitação de betões.

O Capítulo 5 é dedicado ao caso de estudo “Reabilitação de Caixas de Visita”. Aqui são indicadas as principais patologias que ocorrem em caixas de visita, bem como as intervenções a ser realizadas. É justificada a necessidade da colocação de “*by-pass*” em sistemas em exploração e são apresentados os tipos de “*by-pass*” utilizados neste tipo de empreitadas, sendo também referidas as especificidades do estaleiro a montar. Por último são apresentadas várias alternativas de reabilitação de caixas de visita recorrendo a produtos disponíveis no mercado nacional, para cada uma das quais é apresentada a respetiva estimativa orçamental.

## *CAPÍTULO 1*

O Capítulo 6 é dedicado a um estudo experimental executado pela autora no âmbito do seu estágio curricular. Com este estudo tentou-se caracterizar a degradação de revestimentos em argamassas. Numa primeira fase, foram seleccionados os produtos a ensaiar e os procedimentos a adotar na execução dos provetes. Seguidamente é apresentada a metodologia seguida para execução do ensaio. Por último são apresentados os resultados obtidos.

No Capítulo 7 a autora apresenta as conclusões a que chegou com a elaboração do presente relatório e propõe linhas para desenvolvimentos futuros.

## CAPÍTULO 2

### ENTIDADE DE ACOLHIMENTO

#### 2.1 A SIMDOURO – SANEAMENTO DO GRANDE PORTO, S.A.

A SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. é uma sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, criada pelo Decreto-Lei n.º 16/2017, de 01 de Fevereiro. A empresa é responsável pela construção, gestão e concessão do sistema multimunicipal de saneamento do Grande Porto, em regime exclusivo por um período de 50 anos. Tem como atividade proceder à recolha, tratamento e rejeição final das águas residuais urbanas, provenientes de cerca de 519 mil habitantes equivalentes, abrangendo uma área de 1300 Km<sup>2</sup>, correspondendo à totalidade dos municípios de Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Paredes, Vila Nova de Gaia e uma parte do município de Penafiel (bacia do rio Sousa) (SIMDOURO, 2017). Segundo o contrato de concessão a empresa é constituída pela Águas de Portugal, SGPS, S.A., que detém 58,52% do capital social e pelos Municípios de Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Paredes, Penafiel e Vila Nova de Gaia que detêm os restantes 41,48% (SIMDOURO, 2017). A estrutura funcional da empresa encontra-se representada na Figura 2.1.

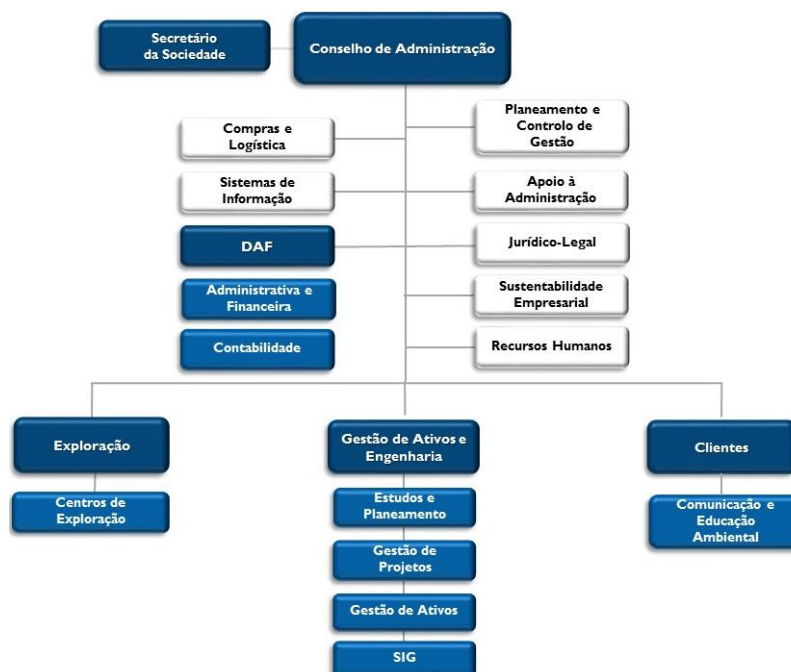


Figura 2.1 – Estrutura funcional da SIMDOURO (SIMDOURO, 2017)

A missão a que a SIMDOURO se propõem desenvolver prende-se com a gestão do sistema de saneamento “em alta<sup>1</sup>”, garantindo a eficiência, a fiabilidade a qualidade do serviço e o respeito pelos valores sociais e ambientais (SIMDOURO, 2017).

Assumindo o compromisso de contribuir ativamente para o desenvolvimento sustentado dos serviços de drenagem de águas residuais, a SIMDOURO coloca o seu empenho no cumprimento das obrigações e responsabilidade sociais para com acionistas, clientes, colaboradores, fornecedores, comunidades e demais partes interessadas (SIMDOURO, 2017).

### 2.1.1 Sistema de Vila Nova de Gaia

Os casos de estudo deste estágio são desenvolvidos no sistema de saneamento em alta do concelho de Vila Nova de Gaia. Este sistema abrange cerca de 88% da população e é constituído por cinco subsistemas de saneamento (Areinho, Crestuma, Febros, Gaia Litoral e Lever). É composto por cerca de 135 km de interceptores, 20 km de condutas elevatórias, 21 estações elevatórias e 5 ETAR, ver Figura 2.2 (SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A, 2017).



Figura 2.2 – Sistema de Vila Nova de Gaia (SIMDOURO, 2017)

<sup>1</sup> A rede em alta corresponde às infraestruturas que recolhem o efluente nos pontos de entrega e o encaminham para o tratamento final na ETAR.

## CAPÍTULO 3

# DEGRADAÇÃO DO BETÃO NOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

### 3.1 NOTA INTRODUTÓRIA

Os órgãos que constituem os sistemas de drenagem de águas residuais são na sua maioria construídos em betão armado. A experiência evidencia que os ambientes existentes nos sistemas de saneamento podem ser bastantes agressivos, frequentemente provocando a acelerada degradação do betão. Neste contexto, importa identificar as causas da degradação e caracterizar, ainda que sumariamente, os fenómenos que lhe estão associados.

### 3.2 CAUSAS DA DEGRADAÇÃO DO BETÃO

#### 3.2.1 Panorama geral

As causas que levam à degradação das estruturas de betão são várias, podendo ser agrupadas em dois grandes grupos: as causas de natureza humana e as causas naturais (Pina, 2009).

As causas de natureza humana – os erros – estão presentes em todas as fases de construção e exploração: conceção, projeto, execução e, por último, a utilização. Os erros cometidos nas fases referidas anteriormente são (Almeida e Cardoso, 2010) e (Pina, 2009):

- Erros na conceção da estrutura;
- Inadequação do projeto às condições ambientais: tipo e dosagem de cimento desajustados;
- Incorreta seleção dos materiais;
- Práticas de construção inadequadas: não cumprimento das especificações de projeto, escolha e aplicação incorreta de técnicas de construção e inexistência de controlo de qualidade dos materiais;

- Insuficiências de operação e de manutenção: incumprimento, ou inadequação, de planos de operação e manutenção; monitorização insuficiente devida à falta de pessoal.

As causas de origem natural são as que mais negativamente afetam os betões utilizados nos sistemas de drenagem de águas residuais, podendo mesmo levar à corrosão das armaduras. Estas causas naturais de degradação são (Almeida e Cardoso, 2010):

- Ação mecânica do escoamento: é causada pelos materiais sólidos que são transportados pelo escoamento (e.g. areia, gravilha e objetos de diversas origens), levando à erosão do betão e consequentemente à perda gradual de material da superfície do órgão. A velocidade e o regime de escoamento são elementos que influenciam a erosão;
- Agressividade da atmosfera no interior do órgão: está relacionada com a presença de bactérias e sulfuretos na matéria orgânica do efluente, podendo degradar fortemente as superfícies acima da veia líquida devido à perda de alcalinidade da matriz cimentícia. Este fator é da máxima importância, pelo que irá ser desenvolvido no subcapítulo 3.2.2;
- Acumulação de material sólido: é devida à entrada, para o interior do órgão, de material de diferentes dimensões, formas e tipos, originando acumulação de sedimentos que provocando entupimentos (ver Figura 3.1). Esta acumulação de material sólido poderá contribuir para o aumento da concentração de sulfuretos, potenciando a agressividade da atmosfera interior. O aumento de sulfuretos irá também aumentar o risco de ocorrência de odores desagradáveis.



Figura 3.1 – Acumulação de materiais no interior de uma caixa de visita, fonte: SIMDOURO

### 3.2.2 A agressividade da atmosfera interior

A degradação da infraestrutura provocada pela atmosfera interior tem usualmente a ver com o ataque dos materiais acima da veia líquida por ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Para que ocorra a formação de ácido sulfúrico é necessário a formação de sulfureto de hidrogénio ou, como é vulgarmente conhecido, gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e a sua oxidação devido a bactérias aeróbias, a *Thiobacillus* (Coito, 2014).

#### 3.2.2.1 Sulfureto de hidrogénio

O sulfureto de hidrogénio é um gás incolor, inflamável, corrosivo, altamente tóxico e que contém um odor desagradável de “ovos podres”. Segundo Coito (2014), trata-se de um gás que é 1,19 vezes mais denso que o ar, o que proporciona ambientes tóxicos no interior dos órgãos.

De acordo com American Society of Civil Engineers (1989), a perceção do odor é diferente de indivíduo para indivíduo e a reação de cada pessoa pode ser diferente conforme a condição física e psicológica, ou o tempo de exposição.

A exposição a baixas concentrações de sulfureto de hidrogénio pode resultar em irritações nos olhos, tosse e falta de ar. Exposições prolongadas podem causar fadiga, perda de apetite, perda de memória e dores de cabeça (Coito, 2014). Concentrações entre 500 e 700 ppm anestesiam o nervo olfativo, fazendo com que o sentido do olfato desapareça. Concentrações acima de 700 ppm causam colapso imediato e paragem respiratória, podendo levar à morte (Figura 3.2.) (Solcia, 2011) e (Coito, 2014).

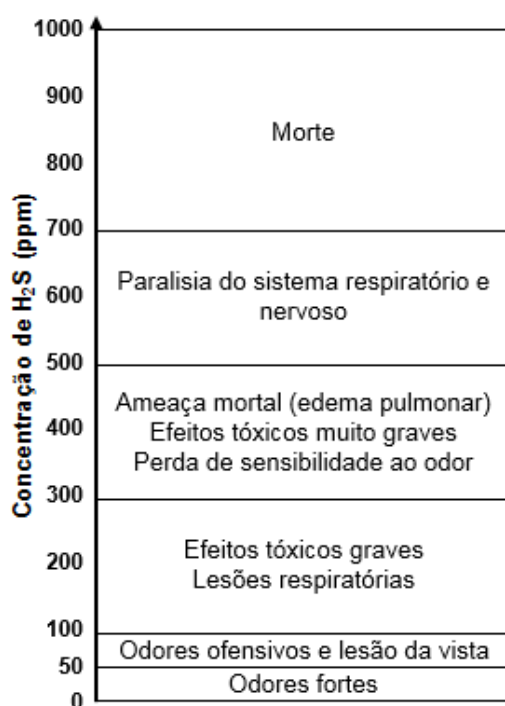


Figura 3.2 – Toxicidade associada à concentração de  $\text{H}_2\text{S}$  (Coito, 2014)

Nos sistemas de drenagem de águas residuais e nas ETAR, o odor e a toxicidade são particularmente prováveis nos seguintes locais (Coito, 2014):

- Coletores, interceptores e caixas de visita, nomeadamente quando a ventilação é reduzida e os tempos de retenção são elevados;
- Obras de entrada, onde o escoamento é turbulento e com maior velocidade;
- Poços de bombagem, quando os tempos de retenção são elevados.

A formação do sulfureto de hidrogénio em sistemas de saneamento está associada à decomposição de matéria orgânica em condições de anaerobiose. Este processo depende da disponibilidade de matéria orgânica, da existência de sulfatos no escoamento, da temperatura, do valor de pH (sendo a gama mais adequada para o desenvolvimento de microrganismos entre 6,5 e 8,5 (Matos, 2012), da velocidade média de escoamento (velocidades de escoamento baixas implicam uma libertação reduzida), do tempo de percurso e da concentração de oxigénio dissolvido.

A libertação do sulfureto de hidrogénio para a atmosfera é mais intensa em locais onde ocorre turbulência do escoamento, nomeadamente quedas, curvas, à saída de condutas elevatórias e em ressaltos hidráulicos (Coito, 2014).

#### 3.2.2.2 A ação da Thiobacillus

Thiobacillus (Figura 3.3) é um género de Beta-proteobactérias aeróbias que compreendem bacilos Gram-negativas medindo aproximadamente 0,5 por 1,0 a 4,0µm. As condições ótimas para o seu desenvolvimento ocorrem quando as temperaturas se situam entre 20 e 43 °C e quando o pH está entre 2 e 8 (Shirakawa, 1994).



Figura 3.3 – Thiobacillus (*thiobacillus* - Pesquisa Google, [s.d.])

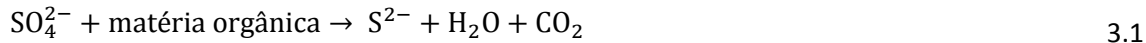


Estas bactérias oxidam o sulfureto de hidrogénio. Resulta deste fenómeno o ácido sulfúrico, pelo que estas bactérias são consideradas as principais agentes de bio-deterioração de betão em sistemas de drenagem de águas residuais.

A presença de sulfureto de hidrogénio não é, por si só, suficiente para degradar o betão. Para que a degradação ocorra é necessário que no meio existam estas bactérias. Compreende-se assim que qualquer análise de degradação do betão em redes de saneamento implique sempre análises para a deteção da *Thiobacillus*. De acordo com Shirakawa (1994), que refere a experiência da cidade de Hamburgo, no início do processo de degradação dos betões a análise microbiológica mostra que predominam a *T.intermedius* e a *T.novellus*. Estas são bactérias que conseguem crescer em ambientes neutros ou ligeiramente alcalinos. À medida que a deterioração avança e o valor de pH na superfície de betão diminui para menos de 6 o número de *T.neapolitanus* aumenta. Caso o valor de pH caia para valores inferiores a 5 os *T.thiooxidans* iniciam o seu crescimento, provocando uma acidificação intensa que baixa o pH da superfície para 2.

### 3.2.2.3 Formação do ácido sulfúrico

Na ausência de oxigénio, a maior contribuição para a formação do sulfureto de hidrogénio é a redução bioquímica do ião sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) presente no efluente (equações 3.1 e 3.2) (Coito, 2014).



O sulfureto de hidrogénio, que é um gás, dissolve-se na água condensada na superfície dos materiais e, em contacto com o oxigénio presente na atmosfera e por ação de bactérias aeróbias (*Thiobacillus*) presentes na superfície, origina ácido sulfúrico. É este ácido o responsável pela degradação do betão (equação 3.3).



O ácido sulfúrico reage com as superfícies de betão que são compostas por hidróxido cálcio, aluminato tricálcico e hidrato de silicato formando assim dois produtos: a etringite (sulfoaluminato de cálcio) e gesso (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]).

**Etringite:** a formação de etringite causa um aumento de volume à matriz de betão, o que conduz à expansão formando fissuras (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]).

**Gesso:** a formação de gesso faz com que o betão perca a sua resistência podendo levar ao colapso da estrutura de betão (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]).

Na Figura 3.4 está esquematizada a formação do ácido sulfúrico e a sua ação corrosiva sobre o betão de um interceptor.

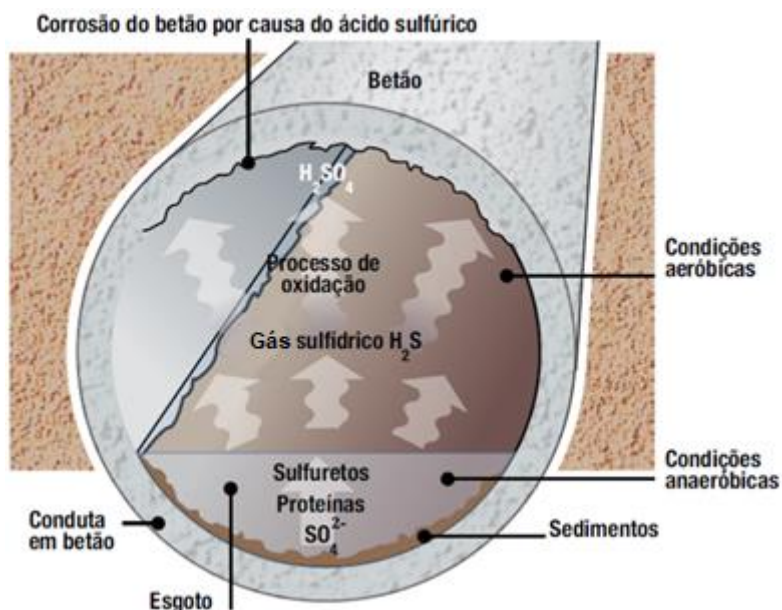


Figura 3.4 – Degradação do betão, adaptado de: (MAPEI, 2017)

A Figura 3.5 diz respeito à degradação do betão devida à agressividade da atmosfera interior. Em ambas as figuras o betão apresenta-se degradado encontrando-se o agregado à vista na figura a). Na figura b) é possível observar uma elevada degradação do betão, apresentando-se as armaduras sem nenhum recobrimento.



a) Canal

b) Caixa de entrada

Figura 3.5 – Degradação do betão devida à agressividade da atmosfera interior, fonte: SIMDOURO

Nos casos em que as superfícies de betão têm um revestimento que lhe garanta uma proteção contra a ação do ácido sulfúrico, este, por ação da gravidade, desliza sobre o revestimento até que incorpora a massa líquida, não afetando assim o betão. No entanto, quando as superfícies de betão não são revestidas, os efeitos provocados pelo ácido sulfúrico são devastadores: o pH da pedra artificial, que varia entre 12 e 14,

baixa para valores inferiores a 6, o que provoca a desagregação do betão e a perda da sua capacidade resistente.

### **3.3 PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS DA DEGRADAÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM**

Um mau desempenho do sistema de drenagem pode trazer implicações não só a nível funcional, mas também a nível económico-financeiro, ambiental e social.

A ocorrência de fissuras, a corrosão do betão e das armaduras, afetam grandemente a resistência mecânica dos componentes da infraestrutura de drenagem, podendo levar à falha parcial ou mesmo ao colapso da estrutura (Almeida e Cardoso, 2010).

As consequências ambientais podem também ser graves: poderão ocorrer exfiltrações<sup>2</sup>, inundações, odores intensos e desagradáveis, bem como a descarga de águas residuais não tratadas para os meios recetores. Esta última consequência ocorre quando as infiltrações no sistema de drenagem são de tal ordem que a capacidade máxima de escoamento do sistema é atingida e os descarregadores de cheia entram em funcionamento (Almeida e Cardoso, 2010).

A degradação de um sistema de drenagem também tem repercussões económico-financeiras muito significativas: as infiltrações no sistema (muito frequentemente devidas à degradação das caixas de visita) causam acréscimos sucessivos nos custos de operação/exploração (Almeida e Cardoso, 2010).

Em termos hidráulicos, as consequências mais comuns têm a ver com a acumulação de material sólido. Esta acumulação impede o normal funcionamento dos coletores, diminuindo fortemente a sua capacidade de vazão.

---

<sup>2</sup> Exfiltrações são fugas de água residual para o solo, contaminando as águas subterrâneas.



## CAPÍTULO 4

# REABILITAÇÃO DO BETÃO EM SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

### 4.1 NOTA PRÉVIA

Uma reabilitação bem-sucedida requer a identificação das causas da degradação e a correta avaliação das condições de intervenção. É fundamental ter em atenção os seguintes aspetos (Sousa, 2011):

- Avaliação pormenorizada das condições da infraestrutura;
- Identificação das causas da deterioração;
- Decisão sobre os objetivos da proteção e da reparação;
- Seleção dos princípios adequados para a proteção e reparação;
- Definição das propriedades dos produtos e sistemas a utilizar na reabilitação;
- Seleção de métodos de intervenção;
- Especificação dos requisitos de manutenção após os trabalhos de proteção e reparação.

Deve ser reunida toda a informação disponível relativa à infraestrutura e ao seu historial: documentação relativa ao projeto original (se possível telas finais), especificações dos materiais utilizados, relatórios de inspeções realizadas ao longo da vida do sistema, registos de anomalias e acidentes de exploração, etc.

Após a recolha de toda esta informação deve-se proceder à identificação das patologias e das suas causas. Só depois de serem identificadas as causas é que é possível traçar um plano de medidas a serem tomadas (Sousa, 2011).

## 4.2 MÉTODOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS NO BETÃO

Antes de qualquer trabalho de reabilitação de betão deverá ser efetuada uma inspeção aos elementos a tratar. Esta inspeção consiste na realização de um estudo para identificar as patologias que o betão apresenta, de forma a serem adotadas medidas corretivas adequadas. Desta forma, esta etapa deve contemplar um conjunto de métodos e procedimentos que permitam obter um conhecimento profundo da infraestrutura, incluindo a avaliação do seu estado de conservação, bem como a identificação das patologias e a determinação das respetivas causas.

Durante a inspeção deverão ser recolhidas amostras do efluente e do betão da infraestrutura, bem como deverá ser determinada *in situ* a resistência do betão e medida a concentração de gás sulfídrico na atmosfera interior. O relatório da inspeção deve incluir a localização dos locais de amostragem, os respetivos valores amostrais e fotografias das patologias detetadas. Se possível, este relatório deverá ser acompanhado por um vídeo (Almeida e Cardoso, 2010).

### 4.2.1 Inspeção visual

A inspeção visual deve ser o primeiro passo a ser dado para identificar patologias ou defeitos no betão. Esta inspeção, embora não sendo um método quantitativo, permite uma avaliação preliminar das causas e da severidade das anomalias. Os seus resultados são uma mais-valia para apoio à seleção das soluções de reabilitação. Esta inspeção deve ser realizada de forma sistemática, assim se procurando minorar a importância dos erros de avaliação (Almeida e Cardoso, 2010).

Por norma, antes da inspeção visual deve-se efetuar a limpeza do componente a inspecionar, de forma a ser mais perceptível o seu real estado de conservação. Só em casos excecionais em que faça parte do objetivo da inspeção registar o local, dimensões e tipo de deposições, é que a limpeza prévia dos componentes não deverá ser realizada (Almeida e Cardoso, 2010).

A seleção dos equipamentos de inspeção deve ser feita de forma criteriosa, assegurando assim a qualidade dos resultados. Desta forma é aconselhada a utilização de máquina fotográfica, marcadores, régua de fendas, martelo e punção, etc. Estes equipamentos podem ser úteis para confirmar, *in situ* e no momento da inspeção, aspetos decorrentes da observação visual, delimitar zonas ou acompanhar a evolução no tempo das anomalias (Ferreira, 2010).

#### 4.2.2 Ensaio com recurso à fenolftaleína

O ataque por parte do ácido sulfúrico nas superfícies de betão dos órgãos de drenagem de águas residuais faz com que este vá perdendo alcalinidade. Este ataque é tanto maior quanto maior for a permeabilidade do betão. Utilizando o indicador da fenolftaleína é possível determinar *in situ* a profundidade de betão afetada (Oz, [s.d.]).

A fenolftaleína ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) é um indicador de pH normalmente incolor, apresentando-se sob a forma de um sólido em pó branco ou em solução alcoólica como se de um líquido incolor se tratasse. É insolúvel em água, porém é solúvel em etanol (Fenolftaleína – Wikipédia, a enciclopédia livre, [s.d.]).

Em ambientes ácidos a fenolftaleína mantém-se incolor, tornando-se cor-de-rosa em ambientes alcalinos. Devida a esta alteração de cor é possível determinar a que profundidade se encontra o betão não afetado, pois quando o indicador apresenta uma coloração rosada, significa que o betão tem um pH alcalino, não tendo sido ainda submetido à ação do ácido sulfúrico.

A gama de valores de pH que o betão não afetado deverá apresentar encontra-se entre 12 a 13, portanto a sua coloração deverá ser cor- de-rosa forte.

A cor do indicador muda quando se encontram valores de pH entre 8,2 e 9,8, ver Figura 4.1 (Fenolftaleína – Wikipédia, a enciclopédia livre, [s.d.]).

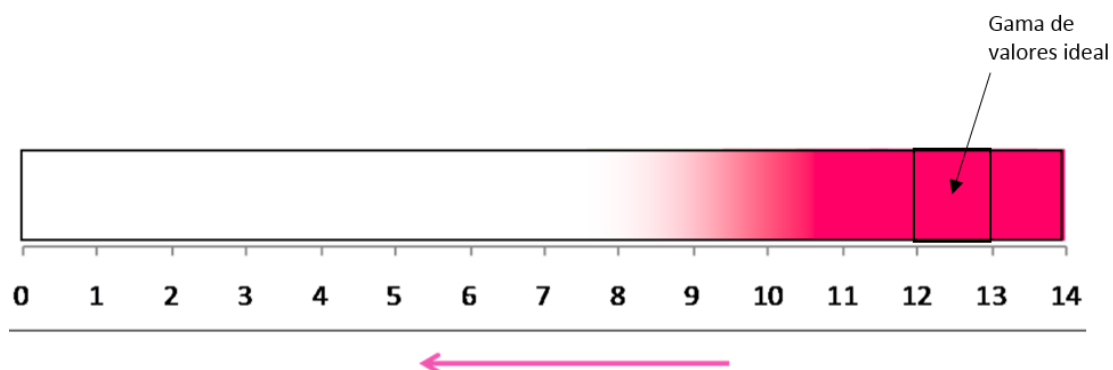


Figura 4.1 – Alteração de cor da fenolftaleína em meios alcalinos, adaptado de (Luísa, 2014)

O material utilizado para realizar este ensaio é (Oz, [s.d.]):

- Berbequim com percussão;
- Martelo e escopro;
- Aspersor;
- Régua graduada em milímetros;
- Solução alcoólica de fenolftaleína a 0,1 %.

Para realização deste ensaio a metodologia a adotar é a seguinte (Oz, [s.d.]):

1. Seleção dos pontos de medição de forma criteriosa, de modo a que sejam comparáveis entre si as diferentes medições.
2. Realização de furos, tendo especial cuidado caso o betão seja armado. Se tal acontecer será necessário evitar danificar as armaduras, pelo que estas deverão ser previamente localizadas com recurso a um detetor de armaduras.
3. Limpeza dos furos. É essencial uma correta limpeza dos furos para que os resultados sejam fiáveis. Os resultados dos ensaios poderão ser comprometidos caso existam, nas zonas carbonatadas, depósitos de pó provenientes de zonas não carbonatadas.
4. Utilizando um borrifador com a solução alcoólica de fenolftaleína, molhar as superfícies internas dos furos e observar a sua coloração. Nas zonas afetadas pelo ácido sulfúrico a fenolftaleína apresentar uma cor rosada, caso contrário permanecerá incolor.
5. Medir a profundidade da frente de carbonatação, pelo que será necessário identificar a transição de uma zona para a outra.

#### **4.2.3 Medições de pH e da concentração de gás sulfídrico**

Conhecer as condições de agressividade do meio é um elemento fundamental para que sejam tomadas medidas de reabilitação adequadas e duradouras. Durante a fase de inspeção ao sistema, a realização de medições de pH e de  $H_2S$  é, de todo, vantajosa, já que irá permitir identificar as condições de agressividade a que o betão está exposto. Desta forma é possível selecionar os materiais de revestimento que melhor se adequam à situação em análise.

No mercado existe uma grande variedade de materiais de revestimento, sendo que cada um deles apresenta uma determinada resistência ao ataque químico. Só conhecendo as concentrações de  $H_2S$  e o valor do pH nas superfícies de betão acima da zona molhada é que poderá ser adequadamente feita a seleção das técnicas e do tipo de material a aplicar na reabilitação.

##### **4.2.3.1 Medição de pH**

Conforme referido no capítulo anterior, a formação de ácido sulfúrico, ocorre acima da veia líquida. Assim, a medição do valor de pH deve ser realizada nas superfícies de betão e não no efluente, como se poderia pensar. Desta forma, é possível avaliar a perda de alcalinidade da matriz cimentícia. Estas medições são realizadas com recurso a um medidor de contacto, ou então usando fitas de medição. Em ambas as situações é necessário que a superfície de betão apresente alguma humidade, para se conseguir efetuar a leitura.



Caso se utilize o medidor de contato, este deve ser de ponta plana para que toda esta zona fique em contato com a superfície do betão. O resultado da medição é indicado no próprio medidor. Este equipamento deverá estar devidamente calibrado para que os resultados sejam credíveis. Outro fator importante tem a ver com a limpeza do mesmo no final de cada medição. Após realizar uma leitura, a ponta deve ser limpa com água destilada para que as medições seguintes não sejam influenciadas pela anterior. Para se conhecer de facto o valor de pH das superfícies de betão de um determinado elemento do sistema, é necessário realizar várias leituras em pontos diferentes, de forma a conseguir-se determinar o valor médio dessas medições. A Figura 4.2 mostra um medidor de pH de contato com ponta plana.



Figura 4.2 – Medidor de pH de contato

Se forem utilizadas fitas para realizar a medição, o valor de pH é determinado através da alteração da coloração da fita e comparando essa cor com uma escala de cores (ver Figura 4.3). Esta forma de medição, embora não sendo tão precisa como a anterior, permite determinar uma ordem de grandeza para o valor de pH.



Figura 4.3 – Fitas medidoras de pH (medidores de ph - Pesquisa Google, [s.d.])

#### 4.2.3.2 Medição da concentração de gás sulfídrico

Conforme já foi referido anteriormente, a presença de  $H_2S$  na atmosfera interior do sistema de drenagem em conjunto com a presença de *Thiobacillus* na superfície de betão, está na génese da principal causa de degradação química do betão nestas infraestruturas. Através da medição da concentração deste gás é possível determinar se a atmosfera interior é muito ou pouco agressiva, apontando desta forma um caminho para se proceder à reabilitação da infraestrutura. Para isso é necessária a utilização de medidores.

A colocação dos medidores deve ser rápida de forma a evitar a libertação dos gases para o exterior dos órgãos. O medidor deve permanecer no interior do órgão durante um período de tempo suficiente para que a concentração do gás sulfídrico estabilize. Caso se verifique uma elevada flutuação dos valores da concentração de  $H_2S$ , ou se estes parecerem descabidos, então a medição deverá prolongar-se por um período mínimo de 24 horas.

A Figura 4.4 ilustra a colocação do medidor numa caixa de alimentação de um digestor de lamas na ETAR de Gaia Litoral. O betão desta caixa de alimentação, embora tivesse sido protegido com um revestimento em argamassa de elevado desempenho, está hoje extremamente degradado.



Figura 4.4 – Colocação do medidor de  $H_2S$  numa caixa de alimentação de um digestor de lamas na ETAR de Gaia Litoral

Na Figura 4.5 apresentam-se os resultados da medição efetuada na caixa de alimentação representada na Figura 4.4. O equipamento foi colocado no interior da caixa às 15:24h e foi retirado às 16:24h. Como se pode constatar só 45 minutos após o início da medição é que a concentração de  $H_2S$  aparenta ter estabilizado (em torno de um valor médio da ordem dos 550 ppm).

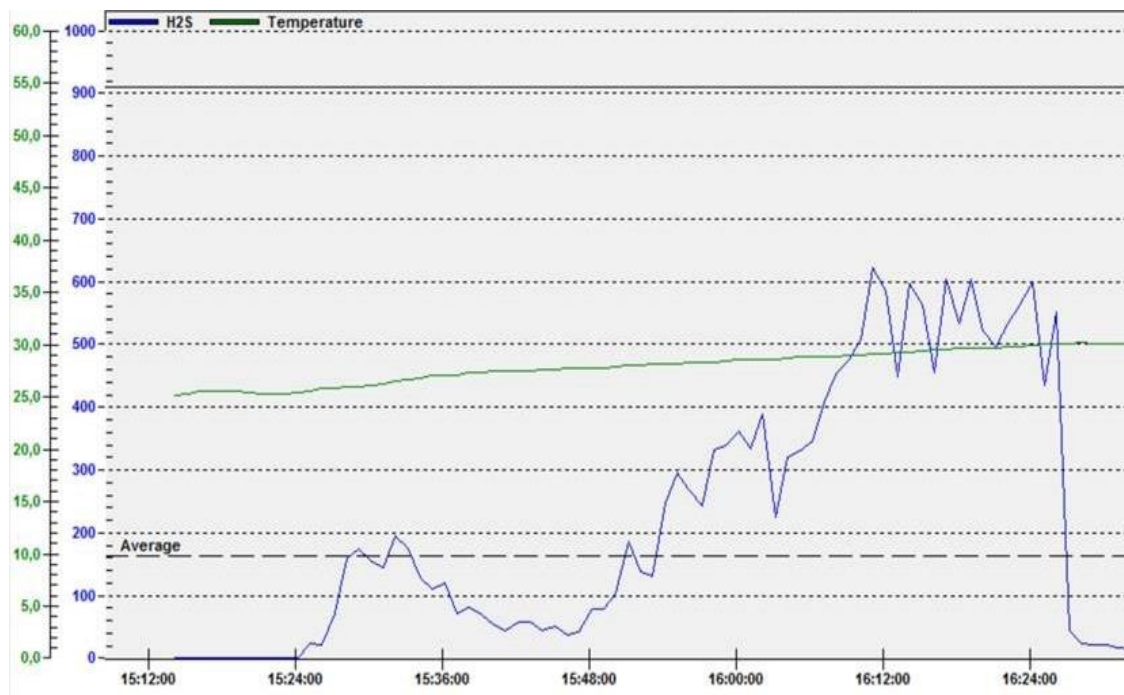


Figura 4.5 – Medição da concentração de  $H_2S$  na caixa de alimentação de um digestor de lamas na ETAR de Gaia Litoral

### 4.3 ESPECIFICAÇÃO NORMATIVAS PARA O TRATAMENTO DAS PATOLOGIAS DOS BETÕES – A NORMA NP EN 1504

#### 4.3.1 A estrutura da NP EN 1504

São cada vez maiores, não apenas em número, mas também em importância, as necessidades de manutenção e de reabilitação de betões. Este crescimento acelerado justifica o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e o melhoramento de tecnologias já conhecidas, sempre visando garantir uma boa ligação entre a construção antiga e a recente. É cada vez maior a oferta de soluções técnicas obrigando os projetistas a procurar obter diagnósticos do estado dos betões cada vez mais detalhados e mais rigorosos, pois só assim será possível que as soluções selecionadas sejam as mais adequadas para minorar os efeitos das patologias detetadas.

Até há relativamente pouco tempo atrás era escassa a bibliografia técnica relativa a muitas das patologias, bem como às correspondentes medidas corretivas, que agora se revelam ser de grande importância nas

construções de betão. Este facto refletia-se, naturalmente, numa grande escassez de disposições normativas relacionadas com as intervenções de manutenção e de reabilitação de estruturas de betão. Era evidente a necessidade de contrariar este estado de coisas.

O Comité Europeu de Normalização (CEN), no decorrer da década de oitenta do século passado, elaborou um conjunto de normas referentes à reparação de estruturas de betão. Desse esforço resultou a norma NP EN 1504 sob o título de “Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão” (Sousa, 2011). Esta norma especifica os processos fundamentais a serem usados, de forma isolada ou combinados, tendo em vista a proteção, ou reparação, de estruturas de betão, quer elas se encontrem acima ou abaixo do solo ou da água.

Na Figura 4.6 é apresentado, de forma esquemática, o modo como se organizam as várias partes que constituem a norma NP EN 1504.

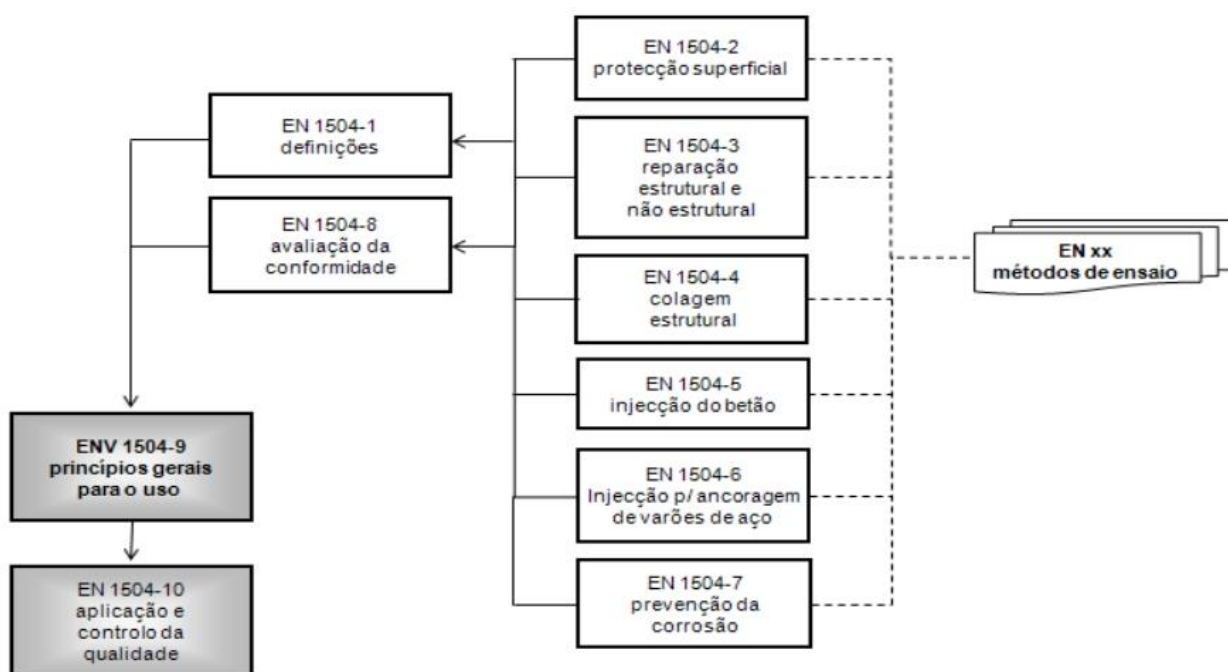


Figura 4.6 – Partes constituintes da NP EN 1504 (Pina, 2009)

Como se verifica através da análise da Figura 4.6, a norma NP EN 1504 pode ser hierarquizada em três níveis (Pina, 2009):

- Aspectos referentes ao tipo de intervenção: trata-se das partes 2 a 7, às quais estão associadas várias metodologias de ensaio;
- Aspectos comuns às várias partes da norma: engloba as partes 1 e 8;
- Aspectos tratados em conjunto: referentes às partes 9 e 10.

A parte 1 da norma apresenta e classifica os vários tipos de produtos e sistemas utilizados em intervenções de manutenção, reparação ou proteção de estruturas de betão. Esta está dividida em três capítulos (NP EN 1504-1, 2006):

- Definições gerais;
- Principais categorias de produtos e sistemas;
- Principais tipos químicos e constituintes de produtos e sistemas para proteção e reparação.

A parte 2 da norma especifica quais os requisitos de produtos e sistemas destinados à proteção superficial do betão, em estruturas novas ou reabilitadas. Os sistemas aqui contemplados são: impregnação hidrofóbica, impregnação e revestimento da superfície (NP EN 1504-2, 2006).

A parte 3 da norma especifica quais os requisitos de comportamento e de segurança dos produtos e sistemas utilizados em reparações estruturais e não estruturais. Aqui são dadas indicações que permitem uma seleção mais criteriosa dos sistemas de reparação a aplicar. Estes sistemas traduzem-se na aplicação de caldas, de argamassas e de betões, utilizados conjuntamente com outros produtos destinados ao tratamento de armaduras. São definidas quatro classes de argamassa/betão de reparação: R4, R3, R2 e R1. As duas primeiras classes (R4 e R3) destinam-se à realização de reparações estruturais e as duas últimas (R2 e R1) têm como âmbito de aplicação as reparações não estruturais (NP EN 1504-3, 2006).

A parte 4 da norma estabelece os requisitos e critérios para a identificação do comportamento e da segurança de produtos e sistemas que se destinem à colagem estrutural de materiais a estruturas de betão, incluindo (NP EN 1504-4, 2006):

- A colagem de placas de aço ou de outros materiais à superfície de betão, fazendo um reforço;
- A colagem de betão endurecido sobre betão endurecido, aplicáveis os sistemas de pré-fabricação;
- A colagem de betão fresco a betão endurecido, quando existe a necessidade de um funcionamento conjunto de ambas as partes com betão de idades diferentes.

A parte 5 da norma especifica quais os requisitos para realizar o preenchimento de fendas e cavidades por meio de injeção, em trabalhos de proteção ou reforço de estruturas. Desta forma é conseguida a estanquidade da estrutura permitindo evitar a penetração de agentes nocivos às armaduras. Na atualidade os produtos mais utilizados para fazer injeções são os poliuretanos e os epóxis (Sousa, 2011). Esta parte da norma não contempla trabalhos preliminares de injeção destinados a impedir temporariamente a passagem da água durante a injeção de estanquidade (NP EN 1504-5, 2014).

A parte 6 da norma especifica quais os requisitos para identificação do comportamento e da segurança de produtos e sistemas utilizados na ancoragem de armaduras de aço (NP EN 1504-6, 2008).

A parte 7 da norma, NP EN 1504 (2008), especifica quais os requisitos para identificação do desempenho de produtos destinados a proteger as armaduras contra a corrosão. São descritos dois tipos de produtos:

- Revestimentos ativos: são revestimentos que contêm pigmentos eletricamente ativos que funcionam como inibidores, ou proporcionam proteção catódica localizada;
- Revestimentos estanques: são revestimentos que isolam a armadura da água proveniente dos poros da matriz cimentícia.

Note-se que a parte 7 da norma não inclui verificações a aplicar aos produtos destinados à proteção contra a corrosão de armaduras de pré-esforço ou de armaduras de aço inox (NP EN 1504-7, 2008).

A parte 8 da norma especifica quais os procedimentos para verificação da conformidade, controlo da qualidade, marcação CE e rotulagem dos produtos e sistemas (ver Figura 4.7). Esta parte da norma destina-se essencialmente aos fabricantes (NP EN 1504-8, 2006).


 0761	<table> <tr> <td>Resistência à compressão</td><td>Classe R3 <math>\geq 25</math> MPa</td></tr> <tr> <td>Conteúdo de iões de cloreto</td><td><math>\leq 0,05\%</math></td></tr> <tr> <td>Argamassa aderente</td><td><math>\geq 1,5</math> MPa</td></tr> <tr> <td>Resistência à carbonatação</td><td>passado</td></tr> <tr> <td>Módulo de elasticidade</td><td><math>\geq 20</math> GPa</td></tr> <tr> <td colspan="2">Compatibilidade térmica :</td></tr> <tr> <td colspan="2">Parte 1: Congelamento com descongelamento em imersão de sal</td></tr> <tr> <td></td><td><math>\geq 2,0</math> MPa</td></tr> <tr> <td colspan="2">Parte 4: Ciclos térmicos secos</td></tr> <tr> <td></td><td><math>\geq 2,0</math> MPa</td></tr> <tr> <td>Absorção capilar</td><td><math>\leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}</math></td></tr> <tr> <td>Reacção ao fogo</td><td>classe A1</td></tr> <tr> <td>Substâncias perigosas</td><td>em conformidade com 5.4</td></tr> </table>	Resistência à compressão	Classe R3 $\geq 25$ MPa	Conteúdo de iões de cloreto	$\leq 0,05\%$	Argamassa aderente	$\geq 1,5$ MPa	Resistência à carbonatação	passado	Módulo de elasticidade	$\geq 20$ GPa	Compatibilidade térmica :		Parte 1: Congelamento com descongelamento em imersão de sal			$\geq 2,0$ MPa	Parte 4: Ciclos térmicos secos			$\geq 2,0$ MPa	Absorção capilar	$\leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$	Reacção ao fogo	classe A1	Substâncias perigosas	em conformidade com 5.4
Resistência à compressão	Classe R3 $\geq 25$ MPa																										
Conteúdo de iões de cloreto	$\leq 0,05\%$																										
Argamassa aderente	$\geq 1,5$ MPa																										
Resistência à carbonatação	passado																										
Módulo de elasticidade	$\geq 20$ GPa																										
Compatibilidade térmica :																											
Parte 1: Congelamento com descongelamento em imersão de sal																											
	$\geq 2,0$ MPa																										
Parte 4: Ciclos térmicos secos																											
	$\geq 2,0$ MPa																										
Absorção capilar	$\leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$																										
Reacção ao fogo	classe A1																										
Substâncias perigosas	em conformidade com 5.4																										
Vandex Isoliermittel-GmbH Industriestrasse 19-23 DE-21493 Schwarzenbeck 14 210 En 1504-3:2005/ZA.1a CC argamassa de reparação para reparações estruturais (à base de cimento hidráulico)																											

Figura 4.7 – Exemplo de um rótulo (REDECOR, [s.d.])

A parte 9 da norma identifica e define os princípios gerais para a utilização de produtos e sistemas destinados, a realizar intervenções de proteção e reparação em estruturas de betão. Aqui são indicadas regras para a seleção adequada dos produtos ou sistemas a utilizar (NP EN 1504-9, 2009).

Na parte 10 da norma são estabelecidos requisitos para a condição do substrato<sup>3</sup>, antes e durante a aplicação. Esta parte da norma abrange a estabilidade estrutural, armazenagem, preparação e aplicação de produtos e sistemas para a preparação e reparação de estruturas de betão, incluindo o controlo da qualidade em obra (NP EN 1504-10, 2008).

Em suma, de acordo com Sousa (2011) “a norma NP EN 1504 é um documento completo que procura organizar a importante área de reabilitação e reforço de estruturas em termos de projeto, obra e inspeção no tempo”.

<sup>3</sup> Substrato é a superfície sobre a qual são realizadas intervenções de proteção ou reparação.

Os tratamentos mais frequentemente realizados em sistemas de drenagem de água residual têm como fim a reparação estrutural e não estrutural, bem como a proteção superficial do betão contra ambientes agressivos. A Norma NP EN 1504-1, define no seu ponto 3.2.3, os produtos de reparação não estrutural como *“Produtos e sistemas que, quando aplicados numa superfície de betão, restauram os aspectos geométricos ou estéticos da estrutura”*. Os produtos e sistemas de reparação estrutural encontram-se definidos no ponto 3.2.6 como *“Produtos e sistemas aplicados a uma estrutura de betão para substituir betão defeituoso e restaurar a integridade estrutural e a durabilidade”*. Relativamente aos produtos e sistemas de proteção superficial, estes encontram-se definidos no ponto 3.2.7 como *“Produtos e sistemas que, quando aplicados, melhoram a durabilidade do betão e das estruturas de betão armado”*.

### 4.3.2 Proteção superficial das superfícies de betão

#### 4.3.2.1 Caracterização genérica dos sistemas utilizáveis

Conforme já foi referido no subcapítulo anterior, a norma NP EN 1504 aborda três sistemas de proteção superficial: impregnação hidrofóbica, impregnação e revestimento da superfície. Estes sistemas serão sucintamente caracterizados nos parágrafos seguintes.

Os sistemas de impregnação são produtos que, devido à sua baixa viscosidade, penetram nos poros do betão, revestindo-os interiormente ou bloqueando-os. A impregnação hidrofóbica (*hydrophobic impregnation* – H) tem como objetivo criar uma superfície à qual a água não adira. Neste tratamento os poros e capilaridades do betão são revestidos internamente, mas não preenchidos (ver Figura 4.8).

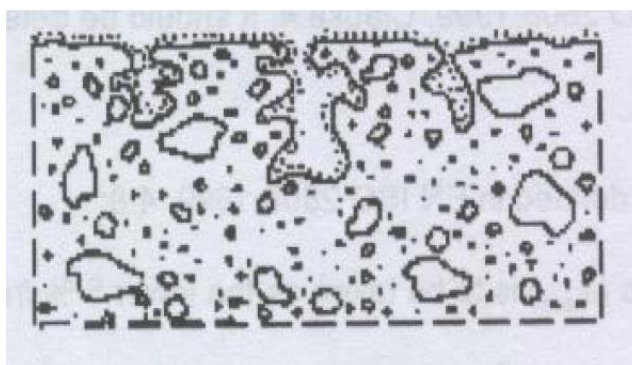


Figura 4.8 – Representação de uma impregnação hidrofóbica (NP EN 1504-2, 2006)



A impregnação (*impregnation* – I) permite reduzir a porosidade e reforçar a superfície. Neste tipo de tratamento os poros e capilaridades são parcialmente ou totalmente preenchidos. Este traduz-se normalmente na formação de um filme fino (ver Figura 4.9).

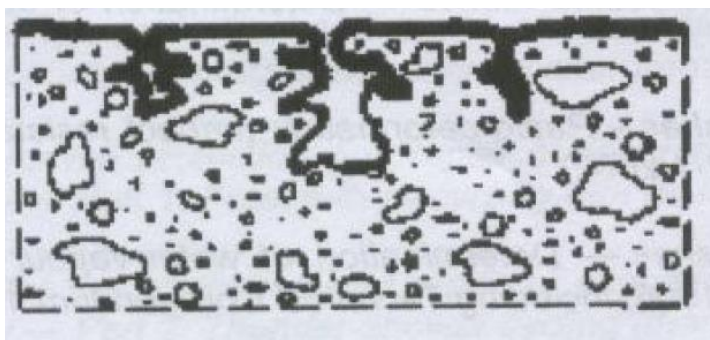


Figura 4.9 – Representação de uma impregnação (NP EN 1504-2, 2006)

O revestimento da superfície (*coating* – C) forma uma película contínua que, estando aderente à superfície do betão, funciona como uma barreira física à penetração de agentes agressivos (ver Figura 4.10) (Pina, 2009).

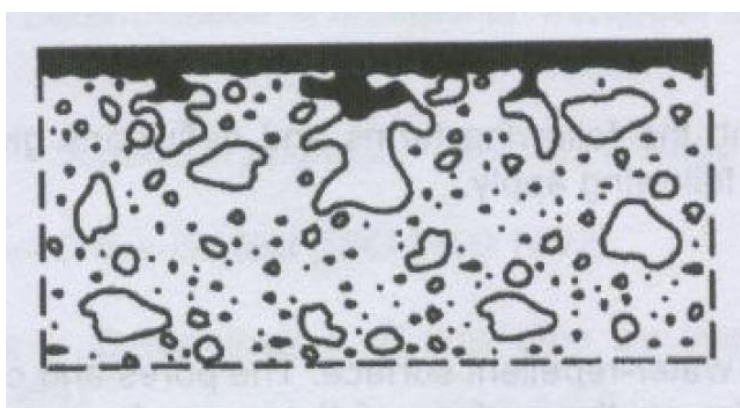


Figura 4.10 – Representação de um revestimento da superfície (NP EN 1504-2, 2006)

Os revestimentos das superfícies podem ser agrupados da seguinte forma (Pina, 2009):

- Revestimentos por pintura: atingem espessuras na ordem dos 0,1 mm a 1 mm;
- Revestimentos com ligantes minerais e mistos: apresentam na sua constituição agregados e eventualmente, polímeros, sendo o cimento o ligante mais utilizado;
- Membranas: são produtos à base de polímeros, utilizados em ambientes altamente agressivos. São impermeáveis a fluídos e alguns gases.



## 4.3.2.2 O caso dos sistemas de drenagem de águas residuais

De acordo com os princípios e métodos definidos na NP EN 1504-9, nas intervenções de proteção do betão em ambientes quimicamente agressivos aplica-se o princípio 6, “Resistência aos químicos”. Após a identificação dos princípios a cumprir, o próximo passo será selecionar os produtos ou sistemas apropriados, consultando o Quadro 1 da norma NP EN 1504-2 “Características de desempenho para produtos e sistemas de proteção superficial segundo os princípios e métodos definidos na ENV 1504-9”, ver Figura 4.11. Este recomenda um revestimento da superfície (C) para as superfícies de betão, sendo obrigatório cumprir o requisito “Resistência ao ataque químico severo”, remetendo assim para a norma EN 13529 e “Aderência por arrancamento”, remetendo para a norma EN 1542 (NP EN 1504-2, 2006).

Quadro 1 – Características de desempenho para produtos e sistemas de proteção superficial segundo os princípios e métodos definidos na ENV 1504-9													
N.º	Métodos de ensaio definido na norma	Princípios	1. Proteção contra o ingresso			2. Controlo da humidade		5. Resistência física		6. Resistência química		8. Aumento da resistividade	
		Características de desempenho	Métodos	1.1 (H)	1.2 (I)	1.3 (C)	2.1 (H)	2.2 (C)	5.1 (C)	5.2 (I)	6.1 (C)	8.1 (H)	8.2 (C)
12	EN 13529	Resistência ao ataque químico severo									■		
15	EN 1542	Aderência por arrancamento		□	■		■	■	■	■	■		■

Figura 4.11 – Excerto do Quadro 1 da norma NP EN 1504-2 “Características de desempenho para produtos e sistemas de proteção superficial segundo os princípios e métodos definidos na ENV 1504-9”, adaptado de (NP EN 1504-2, 2006)

A Figura 4.12 apresenta um excerto do Quadro 5 da norma NP EN 1504-2, estando aqui especificados os requisitos que os produtos/sistemas têm de cumprir. Assim sendo, segundo a norma EN 13529 para resistir ao ataque químico severo os produtos/sistemas têm de ser da classe II: 28 d sem pressão. Relativamente à resistência ao arrancamento, segundo a norma EN 1542 estes têm de apresentar uma resistência de aderência para sistemas rígidos igual ou superior a 1,0 Mpa.

Continuação do Quadro 5

N.º do Quadro 1	Características de desempenho	Métodos de ensaio	Requisitos
1	2	3	4
12	Resistência ao ataque químico severo Classe I: 3 d sem pressão Classe II: 28 d sem pressão Classe III: 28 d com pressão É recomendável usar líquidos de ensaio das 20 classes da EN 13529 cobrindo todos os químicos correntes. Outros líquidos podem ser acordados entre as partes interessadas.	EN 13529	Redução da dureza inferior a 50 % quando medida pelo método Buchholz, EN ISO 2815, ou método Shore, EN ISO 868, 24 h após o revestimento ter sido retirado da imersão no líquido de ensaio.
15	Resistência ao arrancamento Substrato de referência: MC(0,40) conforme a EN 1766. Cura durante - 28 d para os sistemas com um componente, contendo cimento e sistemas PCC - 7 d para os sistemas reactivos à base de resinas	EN 1542	Média (N/mm <sup>2</sup> ) Sistemas flexíveis ou suportando fissuração sem tráfego ≥ 0,8 (0,5) <sup>b</sup> com tráfego ≥ 1,5 (1,0) <sup>b</sup> Sistemas rígidos <sup>c</sup> ≥ 1,0 (0,7) <sup>b</sup> ≥ 2,0 (1,5) <sup>b</sup>

Figura 4.12 – Excerto do Quadro 5 da norma NP EN 1504-2 “Requisitos de desempenho para o revestimento por pintura”, adaptado de (NP EN 1504-2, 2006)

Em suma, de acordo com as especificações da norma NP EN 1504-2, os produtos/sistemas para realizar intervenções de proteção superficial do betão em sistemas de drenagem de águas residuais devem apresentar:

- Resistência química aos agentes agressivos da Classe II;
- Resistência de aderência igual ou superior a 1,0 MPa.

#### 4.3.3 Reparação estrutural e não estrutural das superfícies de betão

Consultando a norma NP EN 1504-9 verifica-se que a reparação estrutural e não estrutural do betão é abordada no princípio 3 “*Restauração do betão*”. Este princípio inclui a realização de reparações aplicadas à mão, ou moldando betão ou argamassa ou então utilizando um sistema de projecção (NP EN 1504-3, 2006).

A Figura 4.13 mostra um excerto do Quadro 1 da norma NP EN 1504-3 “*Características de desempenho dos produtos de reparação estrutural e não estrutural para todas as utilizações e para certas utilizações*”. Aqui estão especificadas as características de desempenho que os produtos e sistemas de reparação estrutural e não estrutural são obrigados a cumprir.

Características de desempenho	Princípio de reparação	
	3	
	Métodos de reparação	
	3.1, 3.2	3.3
Resistência à compressão	■	■
Teor de cloretos	■	■
Aderência	■	■
Retração impedida/expansão	■	■
Durabilidade	■	■
a) Resistência à carbonatação		
Os métodos de reparação como definidos na ENV 1509-9:1997 3.1 Reconstituição de betão aplicando manualmente argamassa. 3.2 Reconstituição do betão com nova betonagem. 3.3 Reconstituição do betão por projecção de argamassa ou betão. ■ Para todas as utilizações pretendidas □ Para certas utilizações pretendidas		

Figura 4.13 – Excerto do Quadro 1 da norma NP EN 1504-3 “*Características de desempenho dos produtos de reparação estrutural e não estrutural para todas as utilizações e para certas utilizações*”, adaptado de (NP EN 1504-3, 2006)

Segundo (NP EN 1504-3, 2006), os produtos de reparação devem satisfazer certos requisitos de acordo com a sua classe. Desta forma e tendo por base o Quadro 3 da presente norma, “*Requisitos de desempenho de produtos de reparação estrutural e não estrutural*” (ver Figura 4.14), os fabricantes devem realizar ensaios de desempenho sobre o produto de reparação, de acordo com as normas aí indicadas, cumprindo os valores limites por elas estabelecidos.

A título de exemplo, a característica de desempenho “*Resistência à compressão*” remete para a norma EN 12190, devendo uma argamassa/betão de reparação da classe R4 apresentar uma resistência à compressão maior ou igual a 45 MPa.

N.º	Características de desempenho	Substrato de referência (EN 1766)	Método de ensaio	Requisito			
				Estrutural		Não estrutural	
				Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
1	Resistência à compressão	—	EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
2	Teor de cloretos	—	EN 1015-17	≤ 0,05 %		≤ 0,05 %	
3	Aderência	MC (0,40)	EN 1542	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa <sup>a</sup>	
4	Retração/expansão impedidas <sup>b,c</sup>	MC (0,40)	EN 12617-4	Resistência de colagem após ensaio <sup>d,e</sup>			Sem requisito
				≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa <sup>a</sup>	
5	Resistência à carbonatação <sup>f</sup>	—	EN 13295	d <sub>k</sub> ≤ betão de controlo (MC(0,45))		Sem requisito <sup>g</sup>	

<sup>a</sup> Não se requiere o valor de 0,8 MPa quando ocorre rotura coesiva no material de reparação. Se esta ocorre, requiere-se uma resistência à tracção mínima de 0,5 MPa.

<sup>b</sup> Não aplicável no método 3.3.

<sup>c</sup> Não aplicável no caso de ciclos térmicos.

<sup>d</sup> Valor médio com nenhum valor individual inferior a 75 % do requisito mínimo.

<sup>e</sup> A largura média máxima permitida é ≤ 0,05 mm, com nenhuma fissura ≥ 0,1 mm e ausência de delaminação.

<sup>f</sup> Para a durabilidade.

<sup>g</sup> Não apropriado para a protecção contra a carbonatação, a menos que o sistema de reparação inclua um sistema de protecção superficial contra a carbonatação (ver EN 1504-2\*).

<sup>h</sup> A escolha do método depende das condições de exposição. Quando um produto satisfaz a Parte 1, é suposto satisfazer as Partes 2 e a 4.

Figura 4.14 – Excerto do Quadro 3 da norma NP EN 1504-3 “Requisitos de desempenho de produtos de reparação estrutural e não estrutural”, adaptado de (NP EN 1504-3, 2006)

#### 4.4 TIPOS DE MATERIAIS UTILIZADOS NA REABILITAÇÃO DO BETÃO

Os tipos de materiais de protecção/reparação dos betões mais comuns em Portugal são as argamassas, os revestimentos em epóxi e os revestimentos termoplásticos. A seleção do tipo de material deve ser realizada em função das características do órgão que se pretende reabilitar. Desta forma os fatores mais importantes são:

- Tempo disponível para executar a reabilitação: este fator está diretamente relacionado com o tempo de entrada ao serviço e com o tempo de cura e aplicação dos materiais;
- Agressividade do meio;
- Capacidade resistente dos materiais.

#### 4.4.1 Argamassas

##### 4.4.1.1 Considerações gerais

As argamassas utilizadas para reparação/proteção do betão podem ser argamassas poliméricas, argamassas de base cimentícia modificadas com polímeros adicionados em quantidades suficientes e argamassas hidráulicas. Na Tabela 4.1 é possível observar as propriedades mecânicas típicas destes materiais de reparação/proteção do betão.

Tabela 4.1– Propriedades mecânicas de argamassas de reparação/proteção, adaptado de (Catarino, 2010)

Propriedades	Argamassa polimérica	Argamassa com cimento hidráulico e polímeros	Argamassa hidráulica
Resistência à compressão (MPa)	50-100	30-60	20-50
Resistência à tração (MPa)	10-15	5-10	2-5
Módulo de elasticidade à compressão (Gpa)	10-20	15-25	20-30
Coeficiente de dilatação térmica ( $^{\circ}\text{C}$ )	$25-30 \times 10^{-6}$	$10-12 \times 10^{-6}$	$10 \times 10^{-6}$
Absorção de água (% em massa)	1-2	0,1-0,5	5-15
Temperatura máxima de serviço ( $^{\circ}\text{C}$ )	40-80	100-300	<300

As argamassas poliméricas têm na sua constituição resinas termoendurecíveis de poliéster ou de epóxido, que após o seu endurecimento atingem as seguintes características (Catarino, 2010):

- Elevada aderência ao substrato;
- Baixa retração durante a cura, quando comparada com materiais cimentícios;
- Coeficiente de dilatação térmica muito superior ao dos materiais cimentícios;
- Resistentes aos ácidos não oxidantes, à água e aos álcalis;
- Por norma não sofrem alterações até aos 50 a 70  $^{\circ}\text{C}$ : as resinas epóxi apresentam maior resistência à temperatura que o poliéster;
- As resinas epóxi apresentam maior durabilidade, quer em presença de água, quer sujeitas à fadiga.

As argamassas hidráulicas são constituídas à base de ligantes inorgânicos (o cimento Portland) e adjuvantes. As principais características que estes materiais de reparação/proteção têm são as seguintes (Catarino, 2010):

- Resistência mecânica igual ou superior à do substrato: conseguida através da baixa relação água/cimento, resultante da utilização de adjuvantes que possibilitam a redução de água da amassadura, proporcionando assim uma diminuição da porosidade da argamassa;
- Reduzida retração devido à adição de adjuvantes expansivos, desta forma garantindo uma boa ligação ao substrato e eliminando a fissuração por retração;
- Facilidade de aplicação devida à sua fluidez.

As argamassas de cimento hidráulico e polímeros são constituídas também por cimento Portland ao qual são adicionados polímeros, obtendo-se assim uma melhoria da resistência à fissuração por retração. A presença de polímeros na constituição da argamassa permite o controlo do desenvolvimento da fissuração associada à retração plástica durante a cura, resultando deste facto que a permeabilidade desta camada diminui. Para estas argamassas podem ser destacadas as seguintes vantagens (Catarino, 2010):

- Aumento da capacidade de aderência ao substrato;
- Aumento da resistência química e física;
- Aumento da resistência à abrasão.

Tendo em vista assegurar a qualidade e a durabilidade da reabilitação do elemento deteriorado, os dois aspetos fundamentais a ter em conta dizem respeito à preparação prévia do substrato, (assunto que irá ser tratado no subcapítulo 4.5.1) e à compatibilidade entre os materiais de reparação/proteção e o substrato. No que diz respeito à compatibilidade entre os materiais de reparação/proteção e o substrato esta pode ser dividida em: compatibilidade dimensional, compatibilidade estrutural e mecânica e compatibilidade química (Catarino, 2010).

A compatibilidade dimensional traduz-se na capacidade que o material de reparação/proteção tem de resistir a variações de volume sem perda de aderência ao substrato. A falta de compatibilidade dimensional está por vezes na origem de patologias precoces em trabalhos de reabilitação de betões, surgindo estas devido a (Catarino, 2010):

- Tensões de retração excessivas principalmente em argamassas hidráulicas e argamassas com cimento hidráulico e polímeros;
- Excessiva expansão em argamassas de retração controlada;
- Elevada dilatação térmica seguida de um arrefecimento brusco durante a cura.

Outros fatores que influenciam a compatibilidade dimensional são: forma e espessura da área a reparar, módulo de elasticidade, capacidade resistente e a fluência.

A compatibilidade estrutural e mecânica é outro dos fatores à qual estão associadas as seguintes propriedades: a resistência (à compressão, tração e flexão), o módulo de elasticidade, a tensão de aderência e o coeficiente de dilatação térmica. De acordo com Catarino (2010), para argamassas utilizadas em reparações não estruturais, a aderência e o coeficiente de dilatação térmica são determinantes. No que diz respeito à seleção de argamassas para reparações estruturais, a resistência mecânica e o módulo de elasticidade são os fatores com maior relevância. Recomenda-se de uma forma geral que a resistência mecânica e a tensão de aderência do material de reparação/proteção sejam iguais ou superiores à do substrato onde irá ser aplicado. Já o módulo de elasticidade e o coeficiente de dilatação térmica devem ser semelhantes ao do substrato (Catarino, 2010).

Por fim destaca-se a compatibilidade química que deve ser assegurada entre os materiais de reparação e o substrato. Caso esta não seja tida em linha de conta, poderá assistir-se a uma precoce deterioração dos materiais aplicados na reabilitação.

De uma forma geral, as argamassas de reparação/proteção do betão utilizadas em sistemas de drenagem de águas residuais devem apresentar:

- Boa resistência à ação do ácido sulfúrico;
- Impermeabilidade à água, mas permeável ao vapor de água;
- Baixa porosidade;
- Boa trabalhabilidade: consistência tixotrópica<sup>4</sup>;
- Baixa ou nula percentagem de aluminato tricálcico ( $C_3A$ );
- Curtos tempos de cura e de entrada em serviço;
- Boa adesão ao substrato;
- Resistência ao desgaste mecânico;
- Baixa retração.

No que toca à aplicação, as argamassas de reparação/proteção podem ser aplicadas manualmente recorrendo ao uso de uma talocha metálica ou de plástico, ou então por sistema de projeção. Antes de se

---

<sup>4</sup> Consistência tixotrópica é aquela que é dada à argamassa para que ela tenha uma boa trabalhabilidade, sem apresentar escorrências quando aplicada na vertical.

proceder à aplicação das argamassas, é necessário humedecer previamente o substrato, quer seja por aplicação manual, quer seja por projeção. Em determinados sistemas de reparação/proteção, quando a aplicação é realizada manualmente existe a necessidade de aplicar primário de aderência. Nesta situação o substrato é também humedecido previamente, procedendo-se de seguida à aplicação do primário de aderência. A aplicação da argamassa de reparação/proteção deve ser aplicada sobre o primário de aderência fresco-no-fresco<sup>5</sup>.

No caso de ser necessário aplicar mais do que uma camada/produto, é necessário definir o número de camadas e a sua espessura. Esta definição deve ser feita na fase de projeto. Se a camada seguinte for executada com o mesmo material da camada anterior, esta deve ser aplicada fresco-no-fresco de forma a garantir uma boa aderência entre camadas. Caso a camada seguinte seja constituída por um material diferente daquele que constitui a camada anterior, então é necessário definir o intervalo de tempo entre cada aplicação. Poderá ser necessário também dar à superfície de cada camada uma textura rugosa, a fim de melhorar a ligação à camada seguinte antes do início da sua presa. Na Figura 4.15 está exemplificada a aplicação manual de uma argamassa.

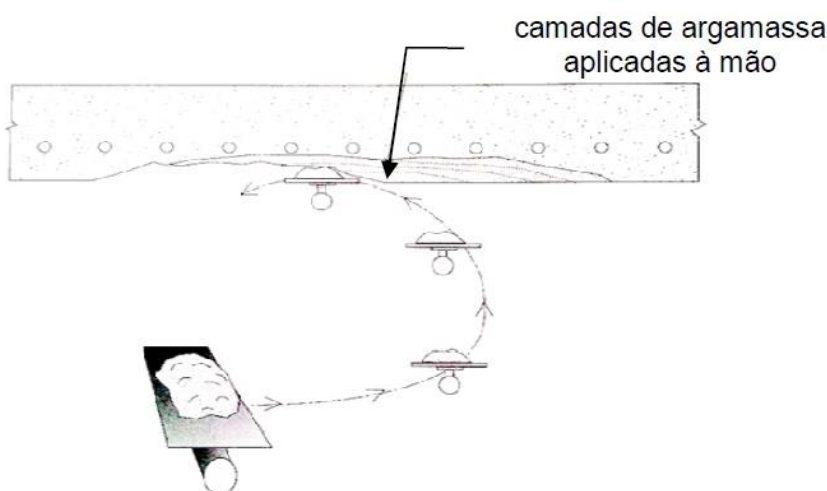


Figura 4.15 – Argamassa aplica à mão (Catarino, 2010)

A consistência é uma propriedade da argamassa que se reveste de particular importância quando ela se destinar a ser aplicada por projeção. A quantidade de água utilizada na amassadura deve ser a que é recomendada pelo fabricante, sendo contraindicado utilizar uma maior quantidade de água para torná-las mais fluídas e assim facilitar a projeção.

De uma forma sucinta pode afirmar-se que a utilização de argamassas para reabilitar os sistemas de drenagem de águas residuais tem como vantagens principais:

<sup>5</sup> A aplicação da camada seguinte com a anterior ainda fresca. Desta forma é conseguida uma melhor aderência entre camadas.

- Processo rápido e de fácil aplicação;
- Permite a aplicação com humidade no substrato;
- Permite a difusão do vapor de água, porém é impermeável à água;
- No processo de amassadura basta adicionar água;
- Resistência a valores de pH na ordem dos 3,5;
- Baixa porosidade.

Quanto às desvantagens, podem realçar-se as seguintes (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]):

- Necessidade de humidade relativa após a aplicação para efeitos de cura;
- Algumas argamassas apresentam tempos de cura elevados;
- Difícil controlo em obra da quantidade de água adicionada à amassadura;
- Baixa resistência química quando comparada com outros produtos: na sua generalidade apenas são resistentes em ambientes com concentração de  $H_2S$  inferiores a 80 ppm;
- Baixa durabilidade quando submetidas a ambientes altamente agressivos.

#### 4.4.1.2 Argamassas de tamponamento de vias de água

Argamassas de tamponamento de vias de água são argamassas de secagem rápida, que fazem a colmatção de entradas de água para que se consiga realizar o trabalho a seco. Com este tipo de produtos é necessário ter em atenção o seu curto tempo de trabalhabilidade, sendo por isso aconselhável preparar pequenas quantidades de cada vez.

#### 4.4.1.3 Argamassas de reparação

São utilizadas argamassas de reparação quando se pretende realizar um reperfilamento das superfícies de betão. Por norma estas argamassas são resistentes ao ataque por ácido sulfúrico, porém não são impermeáveis. Por isso é necessário aplicar um sistema de proteção que garanta a impermeabilidade.

#### 4.4.1.4 Argamassas de proteção

As argamassas de proteção têm como finalidade proteger superficialmente o betão das infraestruturas. Estas argamassas são resistentes ao ataque químico e apresentam uma baixa porosidade, sendo por conseguinte impermeáveis.



#### 4.4.1.5 Argamassas de reparação e proteção

As argamassas de reparação e proteção reparam e protegem as superfícies de betão. Por executarem estas duas funções em simultâneo dizem-se constituírem sistemas 2-em-1.

Estas argamassas têm a capacidade de fazer um reperfilamento da superfície de betão e, ao mesmo tempo, protegê-lo contra o desgaste provocado pelo ácido sulfúrico. No exemplo da Figura 4.16 verifica-se que, para além de ser usada a argamassa de reparação e proteção, existe também uma camada de ligação conseguida devido à aplicação de um primário de aderência.



Figura 4.16 – Esquema de aplicação de um sistema 2-em-1 (MC-Bauchemie, 2017)

Este tipo de sistema de reabilitação tem como principais vantagens (MC-Bauchemie, 2017):

- Trabalhos simplificados e com curtos tempos de execução;
- Tempos de preparação reduzidos;
- Redução de custos para armazenamento de água;
- Maior durabilidade, quando comparado com os sistemas simples.

#### 4.4.2 Epóxi

Existem situações em que o meio a que as superfícies de betão estão expostas é quimicamente muito agressivo, não sendo adequado proteger estas superfícies com argamassas. Assim, uma das alternativas possíveis é o uso de revestimentos em epóxi. Estes destinam-se a realizar uma camada protetora contínua na superfície de betão. Este tipo de produtos, por se destinarem a proteger superficialmente o betão, têm de cumprir os requisitos que constam na norma NP EN 1504-2. Por norma os revestimentos em epóxi são mais resistentes ao ataque químico do que os revestimentos em argamassas. Apresentam também uma boa resistência aos solventes e ao desgaste mecânico (abrasão), no entanto alteram-se por ação da luz solar. Desta forma, estes revestimentos apenas deverão ser utilizados no interior dos órgãos de drenagem de águas residuais.

Os revestimentos em epóxi são constituídos por dois ou mais componentes, contendo resinas e endurecedores. A preparação deste tipo de revestimento é bastante fácil, pois basta misturar os vários componentes de acordo com o referido na ficha técnica do produto. Antes de aplicar um revestimento em epóxi é necessário proceder ao “refechamento” da superfície da base a tratar, de modo a diminuir, na medida do possível, a sua porosidade (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]). Imediatamente antes da aplicação do epóxi deverão ser determinados o teor de humidade da base, a humidade relativa do ar e o ponto de orvalho<sup>6</sup> (“*dew point*”). O tratamento só deverá ser efetuado quando os valores obtidos para estes três parâmetros respeitarem as condições de aplicação impostas pelo fornecedor do produto. Estes revestimentos podem ser aplicados manualmente com recurso a rolos, ou então utilizando um sistema de projeção.

Para os revestimentos em epóxi são apresentadas as seguintes vantagens (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]):

- Fácil aplicação;
- Boa resistência à abrasão;
- Impermeabilidade;
- Elevada resistência química: é possível encontrar alguns epóxidos que são resistentes a ambientes com concentração de H<sub>2</sub>S até 49000 ppm e valores de pH na ordem dos 2;
- Razoável durabilidade: aproximadamente 10 anos.

Relativamente às desvantagens que os revestimentos em epóxi apresentam, podem ser enumeradas as seguintes (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]):

- Substrato obrigatoriamente seco, com teor de humidade inferior a 4%;
- Não permitem a difusão do vapor de água;
- Obrigam ao refechamento prévio da porosidade;
- Obrigam a que, durante a cura, a humidade relativa seja inferior a 85%;
- Implicam tempos de preparação e de cura elevados.

Como referido anteriormente uma das desvantagens da aplicação de revestimentos em epóxi tem a ver com a necessidade de garantir um baixo teor de humidade no substrato. Caso seja aplicado o revestimento com um teor de humidade no substrato superior ao que é indicado pelo fabricante, pode

---

<sup>6</sup> Ponto de orvalho é a temperatura a partir da qual o vapor de água que está em suspensão no ar, passa do estado gasoso para o estado líquido, sob a forma de pequenas gotas.

ocorrer a migração da humidade do betão para a superfície já revestida. Como essa humidade não consegue sair visto ser impermeável o revestimento, este irá empolar acabando por se destacar da superfície tratada.

Na reabilitação de estruturas de drenagem de águas residuais os tempos de intervenção são apertados e as superfícies de betão encontram-se, por norma, com um teor de humidade elevado, pelo que é muito difícil conseguir um substrato seco. Este facto leva a que, muito frequentemente, seja necessário utilizar secadores industriais para a secagem das superfícies a tratar. Para averiguar se a superfície a ser tratada está suficientemente seca pode passar-se por ela um dedo. Caso se sinta alguma humidade, então a superfície está demasiadamente húmida. Outra forma de proceder é recorrer ao uso de papel absorvente, aplicado contra a superfície de betão. Se o papel escurecer indica ser excessiva a humidade presente no substrato (Smith, 2002).

#### **4.4.3 Poliureia**

Uma alternativa à utilização de revestimento em epóxi são os revestimentos em poliureia. Estes são sistemas elastoméricos de dois componentes (as poliurias e os poliuretanos) de cura rápida, sendo aplicados em substratos secos (humidade inferior a 4%), somente por equipamentos de projeção. A mistura dos componentes é feita no próprio equipamento de projeção a temperaturas entre os 30 a 50 °C. Após a projeção dos componentes estes começam a formar um gel, a esta fase chama-se processo de gelificação e inicia-se passado um minuto da sua aplicação, apresentando resistência à chuva passados quarenta e cinco minutos, sendo transitável ao fim de duas horas e pode entrar em contacto com produtos químicos ao fim de vinte e quatro horas (Perdigão, 2007).

Este tipo de revestimento forma sobre o betão tratado uma membrana contínua impermeável à água, com elevada capacidade de absorção de fissuras, graças à sua elasticidade, e elevada resistência a ambientes agressivos, à abrasão e a impactos (Perdigão, 2007).

#### **4.4.4 Termoplásticos**

Os revestimentos termoplásticos são caracterizados por uma chapa termoplástica em polietileno de alta densidade (PEAD) ou em polipropileno (PP). As espessuras destas chapas variam entre 3 a 8 mm e são incorporadas com um sistema de ancoragens, os *grips*, que têm cerca de 13 a 19 mm sendo extrudidos em simultâneo com a chapa, ver Figura 4.17. Estes são colocados diagonalmente para que seja garantida uma ancoragem perfeita em todas as direções. Relativamente à união entre as chapas, esta é feita através de soldaduras por extrusão, resultando um sistema contínuo de proteção do betão (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]).

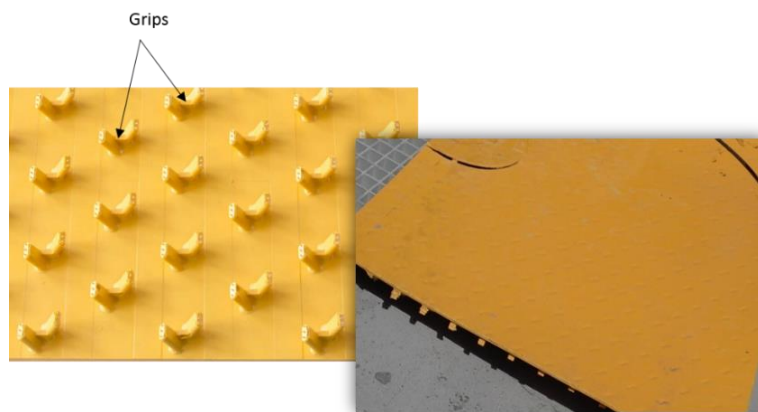


Figura 4.17 – Chapas de PEAD

Este material tem uma elevada resistência química e à corrosão biológica, é também resistente à abrasão, apresentando superfícies muito lisas diminuindo desta forma o atrito entre o revestimento e o efluente.

Segundo Bento, Vinagre e Gonçalves ([s.d.]), todos os materiais que constituem o revestimento, sendo acessórios e enchimento de soldaduras, devem ser feitos em PEAD ou PP compatível para soldar uns aos outros, através de métodos para soldadura em material termoplástico.

A Figura 4.18 diz respeito ao cordão de soldadura em PEAD que é utilizado para fazer a união entre as chapas.



Figura 4.18 – Cordão de soldadura em PEAD

O ponto mais fraco deste tipo de revestimento são as soldaduras. Estas devem ser realizadas de acordo com os padrões de DVS (associação alemã para a soldadura), procedimentos indicados pelos fabricantes e por soldadores certificados, e no final devem ser executados testes e inspeção das soldaduras por pessoal qualificado. Um dos testes a realizar é o ensaio “Spark Test” (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]).



Figura 4.19 – Realização do ensaio “Spark test”, fonte: Limpa Canal

As vantagens deste tipo de revestimento são (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]):

- Elevada resistência aos ataques químicos;
- Elevada resistência à abrasão;
- Reduzidos custos de manutenção;
- Garantia de estanquidade;
- Boa ancoragem mecânica entre o revestimento e o substrato;
- Tempo de vida útil muito elevado: Aproximadamente 50 anos.

Como todos os revestimentos, estes também apresentam desvantagens, tais como (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]):

- Necessidade de pessoal especializado e certificado;
- Necessidade de muita preparação em obra antes da execução do revestimento;
- Necessidade de entidade externa para verificação e inspeção do revestimento final para emissão de garantia;
- Execução complexa;
- Dificuldade de ligação a outros materiais que não sejam PEAD ou PP;
- Poucos fornecedores no mercado apresentam esta solução;
- Elevado custo.

De acordo com Bento, Vinagre e Gonçalves ([s.d.]), os revestimentos termoplásticos podem ser utilizados tanto em obras novas como em reabilitação. Em obras novas este sistema é fácil de aplicar, pois basta ser devidamente fixado à cofragem, ver Figura 4.20. Terminada a colocação da cofragem é necessário

redobrar os cuidados de betonagem, por forma a evitar descolagens do revestimento. Após a descofragem executam-se as soldaduras por extrusão nas ligações entre as chapas e remates existentes. No final do processo é necessário realizar o “Spark test”.



Figura 4.20 – Revestimento termoplástico em obra nova, fonte: Limpa Canal

Quando aplicado a obras de reabilitação o processo é mais moroso, pois é necessária uma maior preparação em obra antes da execução. A título de exemplo, apresentam-se os trabalhos realizados na reabilitação de uma caixa de alimentação de um digestor de lamas numa ETAR do Grupo Águas de Portugal. Após a realização de todas as tarefas preparatórias, procedeu-se à fixação da chapa termoplástica com recurso a cofragem e escoramento, realizando-se posteriormente a colocação de *grout*. Este permitiu realizar a união entre a chapa termoplástica e o substrato. A sua colocação deve ser feita de forma a evitar a existência de ocos entre a chapa e o substrato (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]). O grout que foi utilizado é de elevado desempenho, com retração controlada, apresentando elevada fluidez tornando-se adequado para ser escoado mesmo em grandes espessuras. Na Figura 4.21 é possível ver a consistência fluída que o grout apresenta.



Figura 4.21 – Consistência do grout



Após a descofragem executaram-se as soldaduras de forma a realizar uma ligação entre os painéis e remates existentes. À semelhança do que ocorre para obra nova, também em reabilitação é necessário efetuar o ensaio de “Spark test” para atestar a estanquidade das soldaduras (Bento, Vinagre e Gonçalves, [s.d.]). A Figura 4.22 ilustra as principais fases do trabalho utilizando o revestimento termoplástico. Aqui é possível visualizar: a) a colocação da chapa termoplástica no interior da caixa; b) a execução da cofragem; c) colocação do grout; d) aspeto do revestimento após final do processo.



a) Colocação da chapa termoplástica



b) Realização da cofragem



c) Colocação do grout



d) Aspeto final do revestimento

Figura 4.22 – Principais fases do trabalho utilizando revestimento termoplástico,  
fonte: Águas do Centro Litoral

#### 4.4.5 Síntese das características dos materiais

Na Tabela 4.2 são apresentadas as vantagens e desvantagens de cada tipo de revestimentos, bem como a sua durabilidade expectável.

Tabela 4.2 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de revestimentos

Tipos de materiais	Vantagens	Desvantagens	Durabilidade expectável
<b>Argamassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Boa trabalhabilidade;</li> <li>– Baixa porosidade;</li> <li>– Fácil e rápida aplicação;</li> <li>– Permite a difusão do vapor de água;</li> <li>– Impermeável à água;</li> <li>– Resistência a valores de pH na ordem dos 3,5.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de humidade relativa após a aplicação;</li> <li>– Tempo de cura elevado para alguns sistemas;</li> <li>– Baixa resistência química, quando comparada com outros produtos.</li> </ul>	5 anos
<b>Epóxi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fácil aplicação;</li> <li>– Boa resistência química e à abrasão;</li> <li>– Impermeável;</li> <li>– Resistência a valores de pH na ordem dos 2.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Substrato com teor de humidade inferior a 4%;</li> <li>– Não permite a difusão do vapor de água;</li> <li>– Necessidade de refechamento prévio da porosidade;</li> <li>– Humidade relativa durante a cura inferior a 85%.</li> <li>– Tempos de preparação e de cura elevados.</li> </ul>	10 anos
<b>Poliureia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacidade de absorção de fissuras;</li> <li>– Elevada elasticidade;</li> <li>– Elevada resistência a ambientes agressivos, à abrasão e a impactos;</li> <li>– Impermeável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Substrato com teor de humidade inferior a 4%;</li> <li>– Equipamento de projeção específico.</li> </ul>	Ainda não apurada
<b>Termoplástico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elevada resistência química e à abrasão;</li> <li>– Reduzidos custos de manutenção;</li> <li>– Garantia de estanquidade;</li> <li>– Boa ancoragem entre o revestimento e o substrato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de pessoal especializado e certificado;</li> <li>– Necessidade de muita preparação em obra antes da execução do revestimento;</li> <li>– Dificuldade de ligação a outros materiais;</li> <li>– Elevado custo.</li> </ul>	50 anos



No Anexo 1 são apresentados vários produtos de diferentes fabricantes, passíveis de serem aplicados em reabilitação de betões nos sistemas de drenagem de águas residuais. São também apresentadas, de forma sistematizada, as várias características de cada produto.

## 4.5 FASES DE EXECUÇÃO DA REABILITAÇÃO

### 4.5.1 Preparação do substrato

A preparação do substrato a reabilitar é uma das etapas mais importantes devendo ser executada antes da aplicação de qualquer revestimento. Nesta fase devem ser removidos todos os elementos que possam vir a prejudicar a aderência do futuro revestimento ao material que se pretende preservar. São exemplos de tipos de materiais que deverão ser removidos os seguintes: poeiras, gorduras, tintas, leitada superficial do cimento, bactérias, o revestimento existente e todo o betão que se apresente degradado (Águas do Norte, 2016). O processo de preparação do substrato envolve três etapas: a limpeza, o desbaste e a remoção do betão degradado. A limpeza e o desbaste são etapas que decorrem praticamente em simultâneo. São várias as técnicas aplicáveis, nomeadamente: percussão, abrasão, decapagem por jato de ar e areia e decapagem por jato de água. Estas técnicas podem ser aplicadas isoladamente, ou combinadas de modo a maximizar a eficiência do processo.

É nestas etapas que todo o pó, material desligado, superfícies contaminadas, materiais que comprometam a ligação entre o substrato e os elementos de reparação são removidos, proporcionando ao substrato uma superfície pronta a receber os produtos de reparação/proteção. Para mais facilmente ser detetada a existência de elementos desligados do substrato é aconselhado ensaiá-lo, batendo com um martelo para detetar descontinuidades (ver Figura 4.23) (Catarino, 2010).

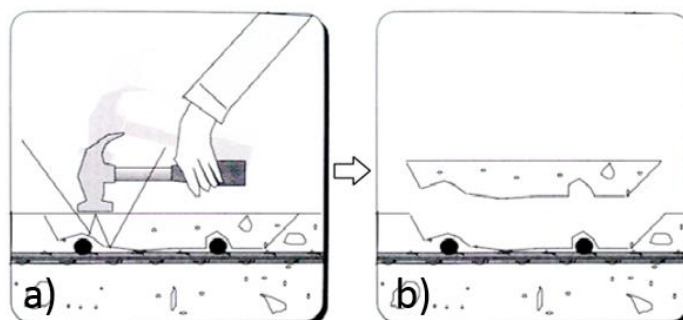


Figura 4.23 – Detecção por percussão – a) – e remoção de material desligado – b), adaptado de (Catarino, 2010)

Sempre que é necessário realizar a remoção do betão degradado podem ser utilizados os seguintes métodos (Águas do Norte, 2016):

- Percussão mecânica;
- Decapagem por jato de água com alta pressão, aproximadamente 60MPa;
- Decapagem por jato de água com muita alta pressão, até 110MPa.

A Figura 4.24 é exemplificativa dos métodos acima referidos.

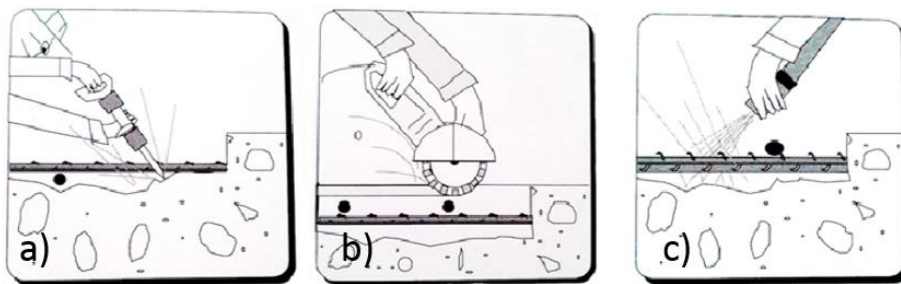


Figura 4.24 – Remoção do betão por percussão, por disco para realizar o contorno da área a reparar e por jato de água, adaptado de (Catarino, 2010)

A remoção de betão não poderá nunca afetar a integridade estrutural da construção. Assim sendo, a profundidade e a extensão de remoção são previamente determinadas, por forma a serem sempre as mínimas necessárias ao bom funcionamento do sistema de reparação. Durante a remoção do betão com recurso a meios mecânicos, podem ocorrer microfissuras no betão não removido. Neste sentido a camada de betão fissurada deve ser removida recorrendo à picagem destas superfícies. Para melhor serem identificadas as fissuras, pode aplicar-se jatos de água sob pressão controlada na superfície em causa. Após a secagem devem ser minuciosamente observadas as superfícies de forma a ser detetada a retenção de água, que normalmente ocorre ao longo das fissuras (ver Figura 4.25).



Figura 4.25 – Identificação da fissura, fonte: SIMDOURO

A aplicação do jato de água deve ser executado em movimentos circulares com a mangueira, sob uma pressão controlada. Para que a limpeza seja mais eficaz o jato de água deve fazer um ângulo de  $30^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  com a superfície. Em superfícies verticais a limpeza deve ser realizada de cima para baixo, (ver Figura 4.26) (Águas do Norte, 2016).



Figura 4.26 – Hidrodecapagem do betão de uma caixa de visita, fonte: SIMDOURO

Relativamente à água utilizada na hidrodecapagem, esta deve ser limpa e isenta de impurezas, sem óleos ou gorduras, não contendo detergentes, ácidos ou outras substâncias que possam prejudicar o bom funcionamento do equipamento, ou afetar física ou quimicamente os vários constituintes do betão (Águas do Norte, 2016).

A rugosidade do substrato é de extrema importância, pois é necessário criar uma superfície suficientemente rugosa para que o revestimento novo adira ao substrato. A fim de averiguar se a rugosidade do substrato é suficiente para aplicar o revestimento, deverá ser realizado um ensaio com recurso a um equipamento de contacto, o rugosímetro (ver Figura 4.27). Este equipamento gera um perfil da superfície ensaiada, com base no qual é possível calcular os parâmetros de rugosidade definidos na norma ISO 4287:1996 (Instituto Português da Qualidade, 2014).



Figura 4.27 - Medição da rugosidade do substrato, fonte: Limpa Canal

#### 4.5.2 Colmatção de entradas de água

Sempre que existam entradas de água é necessário que, antes de ser executada a reparação e proteção do betão, elas sejam colmatadas. Para tal, são utilizadas argamassas de presa rápida que impedem a passagem da água pela cavidade (ver subcapítulo 4.4.1.2). Este trabalho, que não faz parte da reabilitação propriamente dita, é classificado como “trabalho acessório”; porém, a sua realização é imprescindível, já que só depois de o efetuar é que será possível executar a reabilitação do órgão a seco. A aplicação é manual (ver Figura 4.28), sendo necessário realizar alguma pressão sobre a entrada de água até que a argamassa seque.



Figura 4.28 – Colmatção de entrada de água, adaptado de (Stop leaks fast with the ‘water stopper’ Vandex Plug from Safeguard – BFM Magazine, [s.d.]) )

#### 4.5.3 Tratamento das armaduras

Em situações em que as armaduras se encontrem à vista será necessário proceder ao seu tratamento através da aplicação de um revestimento. Para tal ter-se-á que proceder à preparação da superfície tendo em conta os seguintes aspetos (Catarino, 2010):

- As superfícies expostas da armadura deverão ser sempre uniformemente limpas;
- A limpeza deve ser realizada de forma a não causar danos nas próprias armaduras nem contaminar o betão ou o ambiente adjacente;
- É recomendada a limpeza em toda a periferia da armadura, estendendo-se a 50 mm ao longo da armadura, para além da zona com corrosão.

Em determinadas situações poderá ser necessário a utilização de escovas com cerdas de aço para limpar as armaduras. Neste caso, as armaduras são escovadas vigorosamente de forma a ser eliminada toda a ferrugem e outros materiais existentes.

A limpeza a realizar por detrás dos varões da armadura, pode ser realizada através da utilização de jactos de areia, aplicados de tal forma que se consiga tirar o maior partido do ricochete do jacto, tal como é ilustrado na Figura 4.29.

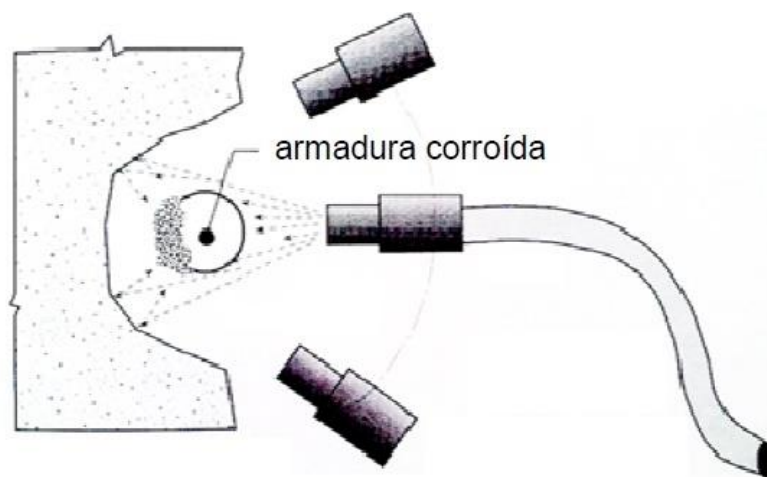


Figura 4.29 – Limpeza por detrás dos varões utilizando jato de areia (Catarino, 2010)

A Figura 4.30 diz respeito à preparação das superfícies de betão, de uma caixa de alimentação de um digestor de lamas. Nela é possível observar o tratamento das armaduras após o processo de preparação do substrato.



Figura 4.30 – Tratamento de armaduras após preparação do substrato

#### 4.5.4 Tratamento de fissuras com injeção de resinas

O tratamento de fissuras realizado com recurso a injeção de resinas veio solucionar, de forma simples, o problema da fissuração do betão. Através da utilização desta tecnologia é possível intervir na estrutura de uma forma suave e sem grande impacto. Através da injeção de resinas é possível recuperar a estabilidade da estrutura e fazer o restabelecimento da estanquidade. A escolha do tipo de resina a aplicar deve ser realizada de uma forma criteriosa. Para isso é necessário conhecer as causas das patologias detetadas (REDECOR, 2017). Estas resinas podem ser de base poliuretano ou de base epóxi.

As resinas de poliuretano apresentam uma baixa viscosidade, excelente aderência ao substrato, grande durabilidade e impermeabilidade. São principalmente utilizadas para (Injeção de Poliuretano, [s.d.]):

- Proteger as estruturas de betão, colmatando fissuras de forma a impedir agressões externas;
- Estancar infiltrações, garantindo a estabilidade da estrutura;
- Solidificar a estrutura, obtendo assim a monoliticidade original.

Existem dois tipos de resinas de poliuretano, as rígidas e as flexíveis. As resinas de poliuretano rígidas são utilizadas para “colar” a estrutura, restaurando a sua monoliticidade. Podem ser utilizadas em fissuras que estejam molhadas ou com fluxo de água (Injeção de Poliuretano, [s.d.]).

As resinas de poliuretano flexíveis são utilizadas para selar e tratar infiltrações nas estruturas. Estas resinas são apresentadas em dois formatos, em espuma e em gel. A espuma é utilizada somente para obter a estanquidade provisória com a finalidade de possibilitar a injeção do gel de poliuretano, garantindo este a estanquidade definitiva (Injeção de Poliuretano, [s.d.]).

As resinas de base epóxi apresentam uma elevada durabilidade, excelente aderência ao substrato e baixa viscosidade, tendo com finalidade proteger as estruturas de betão através do tratamento de fissuras, sejam elas secas ou húmidas (Injeção de Resina Epóxi, [s.d.]). Por se tratar de um material rígido após a cura, a injeção de resinas epóxi é recomendada para o tratamento de fissuras passivas, ou seja, fissuras que não apresentam movimentação (Injeção de Resina Epóxi, [s.d.]). A Figura 4.31 diz respeito à injeção de resinas para colmatar fissuras no betão de um decantador.





a) Antes do tratamento



b) Depois do tratamento



c) Antes do tratamento



d) Depois do tratamento

Figura 4.31 – Tratamento de fissuras num decantador, fonte: SIMDOURO

#### 4.5.5 Reparação do betão

A reparação do betão é conseguida através da aplicação de argamassas de reparação. Nesta fase é feito um reperfilamento de todas as superfícies do órgão de modo a ser reposta a sua geometria inicial. A fase de reparação encontra-se dividida em dois grupos: as reparações não estruturais e as reparações estruturais. Diz-se que a reparação é não estrutural quando com ela apenas se procurou o preenchimento de vazios. As reparações estruturais conferem ao betão as características de resistência que este havia perdido.

#### 4.5.6 Impermeabilização do betão

A impermeabilização do betão é conseguida através da aplicação de materiais que garantam a impermeabilidade à água e, consequentemente, a agentes agressivos. Esta fase só é realizada caso não sejam utilizadas argamassas de reparação e proteção (sistema 2-em-1; ver 4.4.1.5).

A Figura 4.32 ilustra o resultado final da reabilitação de um decantador da ETAR de Lever.



Figura 4.32 – Decantador reabilitado com argamassa, fonte: SIMDOURO



## CAPÍTULO 5

### CASO DE ESTUDO: REABILITAÇÃO DE CAIXAS DE VISITA DE ÁGUAS RESIDUAIS

#### 5.1 CAIXAS DE VISITA

As caixas de visita são órgãos do sistema de drenagem de águas residuais destinados a facilitar o acesso aos coletores, para observação e práticas de limpeza, desobstrução e manutenção. Estes órgãos são colocados ao longo dos trechos retilíneos dos coletores, mas também em todas as secções onde ocorra a confluência de vários coletores ou sempre que ocorra mudanças na geometria do coletor (mudança de inclinação, de diâmetro ou de direção de um coletor) (Abreu, 2015). As caixas de visita podem ser pré-fabricadas ou realizadas em betão armado *in situ*, sendo mais corrente o uso de manilhas pré-fabricadas de betão.

Nas zonas urbanizadas as caixas de visita são usualmente colocadas nos arruamentos ou nos passeios, pelo que se encontram niveladas com os pavimentos – ver Figura 5.1 a). Nos terrenos não urbanizados as caixas de visita são, por norma, elevadas – ver Figura 5.1 b). Porém, a insuficiente manutenção leva a que, nas zonas não urbanas, seja frequente encontrar caixas de saneamento completamente enterradas, conforme se pode ver na Figura 5.1 c).



a)



b)



c)

Figura 5.1 – Caixas de visita: a) nivelada; b) elevada; c) enterrada, fonte: SIMDOURO

## 5.2 PATOLOGIAS COMUNS

Com o passar do tempo estes órgãos vão-se degradando, não só pela agressividade química, mas também devido à existência de raízes que vão fazendo o seu caminho e fraturam as caixas, golas de tampa fissuradas, ligações indevidas e má construção (má qualidade do betão, falta de tratamento das juntas, falta de revestimento, etc.). As caixas elevadas também estão sujeitas a avarias provocadas por choques acidentais causados por veículos motorizados (frequentemente tratores) que podem levar ao deslocamento do cone. As patologias mais comuns em caixas de visita são: gola da tampa partida ou com fissuras, juntas entre manilhas não rematadas ou fissuradas, perda de secção por parte do betão, perfuração excessiva para colocação dos degraus, fissuras e roturas ao longo das paredes da caixa, revestimento degradado, má ligação entre as tubagens e a caixa, inexistência de fundo ou fundo degradado (problemas nas meias canas). Podem resultar destas patologias duas ocorrências contrárias, mas ambas com consequências nefastas para o ambiente: em determinadas circunstâncias (usualmente em épocas de elevada pluviosidade) poderão ocorrer entradas de água para o interior das caixas de visita, fazendo com que o caudal afluente às ETAR seja superior ao previsto; com o tempo seco poderão ocorrer exfiltrações do efluente para os terrenos envolventes. Na Figura 5.2 estão exemplificadas algumas patologias mais correntes em caixas de visita.

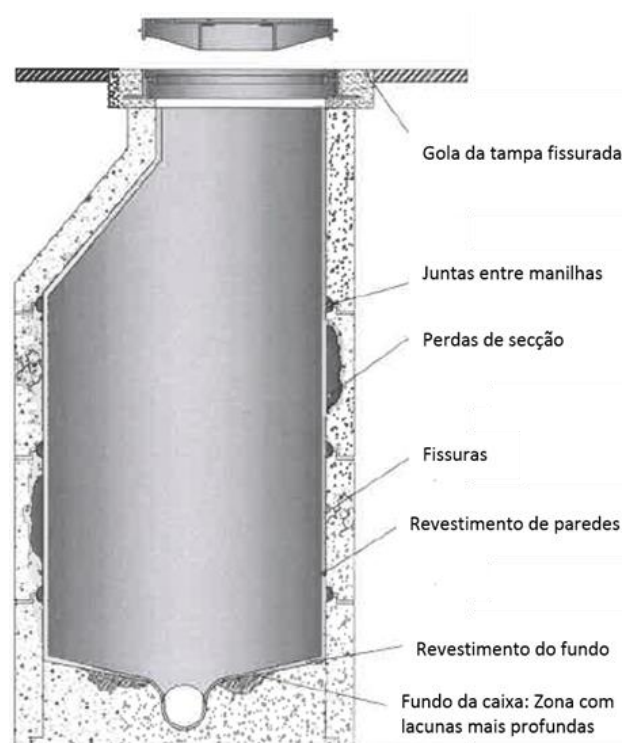


Figura 5.2 – Patologias em caixas de visita, adaptado de: Limpa Canal

Para melhor ilustrar as patologias acima referidas, será seguidamente apresentado um conjunto de figuras (Figura 5.3 à Figura 5.11). A Figura 5.3 mostra uma gola de caixa de visita completamente partida.

Tal situação origina não só a entrada de água proveniente da chuva ou do nível freático, mas também a entrada de vegetação.



Figura 5.3 – Gola da caixa de visita partida, fonte: SIMDOURO

As deficiências ao nível das juntas (juntas abertas ou insuficientemente rematadas) entre as manilhas pré-fabricadas é outro tipo de patologia frequente. Na Figura 5.4 são apresentados dois exemplos destas patologias.



a) Exterior da caixa de visita



b) Interior da caixa de visita

Figura 5.4 – Juntas entre manilhas não rematadas, fonte: SIMDOURO



O local de fixação dos degraus pode ser mais um ponto frágil da caixa de visita. A fixação dos degraus obriga à perfuração da parede da caixa. Caso esta perfuração seja demasiada irá criar-se um ponto de entrada de água do exterior para o interior da caixa. Na Figura 5.5 é possível identificar infiltrações nas zonas de fixação dos degraus.



Figura 5.5 – Entrada de água pela fixação dos degraus, fonte: SIMDOURO

A ligação entre a tubagem e a caixa de visita é um ponto fraco bastante comum, originando infiltrações. Na Figura 5.6 é possível observar, com detalhe, uma muito mal executada ligação entre a tubagem e a caixa de visita. Na Figura 5.7 é visível o elevado caudal que, através de uma deficiente ligação entre a caixa e o coletor, se infiltra na rede de drenagem.



Figura 5.6 – Má ligação entre a tubagem e a caixa de visita, fonte: SIMDOURO



Figura 5.7 – Infiltração, fonte: SIMDOURO

Em algumas situações ocorrem roturas localizadas, por exemplo nas paredes das caixas de visita, ver Figura 5.8.



Figura 5.8 – Rutura da parede de uma caixa de visita acompanhada por entrada de material para o interior da mesma, fonte: SIMDOURO

Na Figura 5.9 é claramente visível a penetração de raízes no interior da caixa de visita.



Figura 5.9 – Entrada de raízes pelas juntas entre manilhas para o interior da caixa de visita, fonte: SIMDOURO

Na laje de fundo das caixas de visita devem existir meias canas de forma a encaminhare o efluente para o coletor de jusante. Em algumas situações essas meias canas encontram-se danificadas ou então são inexistentes (muitas vezes resultado da erosão provocada pela velocidade de escoamento, principalmente nos casos em que as quedas guiadas se encontram entupidas). Na Figura 5.10 observa-se o mau estado de conservação da laje de fundo, acompanhada de degradação da meia cana.



Figura 5.10 – Problemas na meia cana da caixa de visita, fonte: SIMDOURO



Na Figura 5.11 observa-se o deslocamento do cone da caixa de visita.



Figura 5.11 – Deslocamento do cone, fonte: SIMDOURO

## 5.3 OBRAS DE REABILITAÇÃO DE CAIXAS DE VISITA

### 5.3.1 Trabalhos a efetuar

Após a limpeza/ lavagem das caixas de visita e da preparação do substrato, e com o intuito de reabilitar as caixas de visita, as intervenções normalmente realizadas são:

- Colmatação de entradas de água;
- Tratamento das armaduras, se necessário;
- Reparação em profundidade: inclui reparação dos fundos, das paredes, da gola, regularização da ligação entre a tubagem e a caixa e juntas entre manilhas;
- Aplicação do revestimento de impermeabilização;
- Regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa, se necessário.

Após a realização da preparação do substrato, o passo seguinte será se necessário colmatar todas as entradas de água. Esta fase tem como finalidade realizar o estancamento de todas as entradas de água para que seja possível a realização das fases de reparação e proteção do betão.

A reabilitação tem início aquando da realização das reparações dos elementos constituintes das caixas de visita. Dependendo do estado de conservação do fundo, este pode ser reparado na sua totalidade ou apenas uma parte, dando especial atenção às meias canas. Relativamente às paredes das caixas, numa primeira fase são tratadas as juntas entre manilhas, as ligações entre a tubagem e a caixa e realizados

todos os enchimentos necessários, sendo posteriormente realizado um reperfilamento de toda a área das paredes. O resultado final da reabilitação de caixas de visita utilizando argamassas é visível na Figura 5.12, onde na figura a) se encontra o antes e na figura b) o aspeto final após concluído todo o processo.



a) Antes da reabilitação



b) Depois da reabilitação

Figura 5.12 – Resultado da reabilitação utilizando argamassas, fonte: SIMDOURO

Na Figura 5.13 é exemplificado o resultado final da reabilitação utilizando como revestimento final um epóxi para substratos húmidos. Na figura a) diz respeito ao antes e a figura b) apresenta o resultado final da reabilitação.



a) Antes da reabilitação



b) Depois da reabilitação

Figura 5.13 – Resultado da reabilitação utilizando epóxi, fonte: SIMDOURO



Em situações que as caixas de visita são elevadas é necessário revesti-las também por fora, ver Figura 5.14.



Figura 5.14 – Revestimento no exterior da caixa de visita, fonte: SIMDOURO

### 5.3.2 Estaleiro

Numa empreitada de reabilitação de caixas de visita, o estaleiro em obra é muito simples (ver Figura 5.15). Visto que este tem de acompanhar a evolução dos trabalhos o estaleiro em obra tem de ser móvel. Desta forma é constituído por uma unidade móvel (e.g. uma carrinha), equipamentos para realizar a preparação do substrato, *by-pass*, materiais a utilizar, água e WC. Para além desta unidade móvel, existe também um estaleiro fixo que dá apoio ao estaleiro móvel. É neste estaleiro fixo que se encontram armazenados todos os produtos e equipamentos a utilizar na execução da empreitada de reabilitação.



a) Unidade móvel do estaleiro: 1



b) Unidade móvel do estaleiro: 2



c) Preparação do revestimento a aplicar



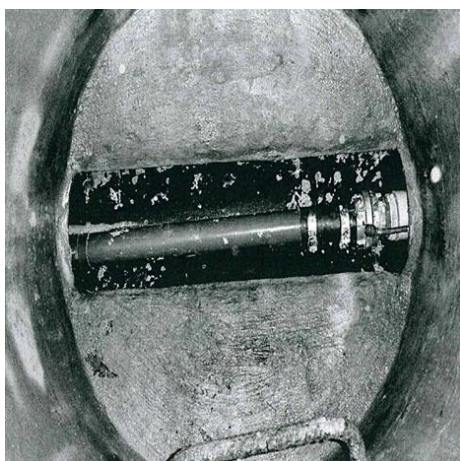
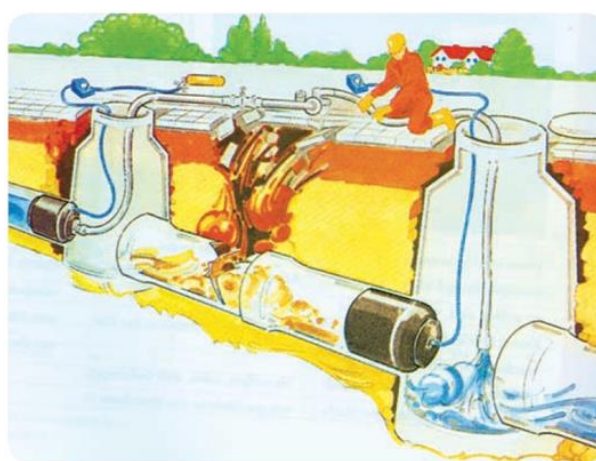
d) Estaleiro em obra

Figura 5.15 – Estaleiro de uma empreitada de reabilitação de caixas de visita, fonte: SIMDOURO

### 5.3.3 *By-pass*

Na reabilitação de caixas de visita é necessário garantir a continuidade da passagem do efluente durante a realização das intervenções. A satisfação desta necessidade é conseguida por recurso a infraestruturas provisórias, os *by-pass*. A colocação do *by-pass* é considerada um trabalho acessório e apenas é efetuada após a lavagem da caixa de visita.

Existem dois tipos de *by-pass*: os que asseguram a passagem do efluente pelo interior da caixa de visita a ser reabilitada e os que, recorrendo a um sistema de bombagem, asseguram a passagem do efluente, pelo exterior do coletor, entre a caixa a montante da caixa a reabilitar e a caixa a jusante desta. Na Figura 5.16 estão representados os dois tipos de *by-pass* referidos anteriormente.

a) *By-pass* pelo interior (Águas do Noroeste, [s.d.])b) *By-pass* pelo exterior (Vetter, 2012)Figura 5.16 – Tipos de *by-pass*

O *by-pass* pelo interior é preferível, pois evita a realização de descargas acidentais no meio recetor por avaria de bombas. Este tipo de *by-pass* é constituído por um tubo de diâmetro apropriado, com dois obturadores, um em cada extremidade do tubo, que estabelece a ligação entre o intercetor de montante e de jusante permitindo a passagem do efluente. Para evitar um eventual deslizamento do obturador, são também colocadas escoras de proteção sobre o *by-pass* no fundo da caixa (Águas do Norte, 2016). Desta forma consegue-se um total isolamento da água residual no interior da caixa, assegurando simultaneamente a continuidade da passagem do efluente (ver Figura 5.17).



Figura 5.17 – *By-pass* pelo interior da caixa de visita, fonte: SIMDOURO

Com a finalidade de evitar que as tubagens e obturadores fiquem obstruídos pela passagem de gradados de dimensões maiores que o diâmetro do tubo, são colocadas grades na caixa de visita a montante da caixa a intervir (Águas do Norte, 2016).

No caso de se optar por utilizar *by-pass* pelo exterior, é necessário selecionar uma bomba compatível com o caudal a ser transportado, sendo também importante existir uma bomba e um gerador de reserva.

A retirada do *by-pass* dá-se após ter decorrido o tempo de cura necessário do revestimento, estando a partir desse momento o órgão em serviço. Respeitar este tempo de cura, que é diferente de acordo com o material aplicado, é essencial para que o revestimento tenha um bom desempenho ao longo do tempo e se mostre duradouro, permitindo desta forma a rentabilização do investimento efetuado.

#### **5.4 ALGUMAS SOLUÇÕES PARA REABILITAR CAIXAS DE VISITA**

Neste subcapítulo vão ser descritas várias soluções para reabilitar caixas de visita. Todas as soluções aqui propostas foram devidamente validadas pelos representantes das marcas em causa.

As soluções propostas dizem respeito ao uso de revestimentos em argamassas e epóxi, por serem neste momento os revestimentos mais utilizados na reabilitação destes órgãos. Neste estudo foram

consideradas soluções com produtos das marcas MC-BAUCHEMIE, SIKa, REDECOR, HERMES QI TECHNOLOGIE e MAPEI. Todas as soluções apresentadas realizam a reparação do betão recorrendo ao uso de argamassas. No que diz respeito ao revestimento final, todas as soluções utilizam argamassas, com exceção da solução SIKa que utiliza um epóxi.

#### 5.4.1 Soluções MC-BAUCHEMIE

Na Tabela 5.1 encontram-se soluções de reabilitação usando produtos da marca MC-BAUCHEMIE. Estas soluções englobam argamassas de reparação e proteção (sistema 2-em-1, ver 4.4.1.5) denominadas ombran MHP15 e ombran MHP. Também é apresentada uma solução para utilizar em situações de elevada agressividade química, a solução 3.2. Esta solução confere uma proteção adicional nas paredes da caixa de visita por via da utilização do ombran CPS, (sendo este não uma argamassa mas sim um híbrido<sup>7</sup>). Ainda relativamente à solução 3.2, o MC-DUR 1177 WV-A é aplicado decorridas 3 horas após a aplicação do ombran MHP, com o objetivo de acelerar a sua cura. Quando o MC-DUR 1177 WV-A estiver completamente seco deverá ser aplicado o ombran CPS. Note-se que o tempo de cura do MC-DUR 1177 WV-A, que é de cerca de 24 horas, pode variar significativamente com a temperatura ambiente, razão pela qual a sua reação ao toque deve ser avaliada, de modo a garantir a sua completa secura antes da aplicação do ombran CPS.

Para a reabilitação da laje de fundo é proposta a utilização da argamassa ombran MHP15, por ter um tempo de cura inferior à ombran MHP. No caso de ser necessário fazer um reperfilamento de maior dimensão ou um enchimento, é possível utilizar-se uma argamassa de reparação não estrutural, o ombran R.

Para realizar o tratamento das juntas entre manilhas, das ligações entre a tubagem e a caixa de visita, bem como para a regularização de vazios nas paredes, propõe-se a utilização do ombran MHP.

Note-se que nas soluções apresentadas para reparação das lajes de fundo e das paredes da caixa de visita foi proposto a utilização de um primário de aderência, o ombran HB.

---

<sup>7</sup> Os revestimentos híbridos são aqueles que combinam tecnologias de outras categorias, conferindo ao produto uma maior resistência química.



Tabela 5.1 – Soluções de reabilitação usando produtos da MC-BAUCHEMIE

Tipo de intervenção	Esquemas a utilizar em caixas de visita	
	MC-BAUCHEMIE	
1. Colmatação de entradas de água	<b>Solução 1.1</b>	ombran W
2. Reparação e revestimento de lajes de fundo	<b>Solução 2.1</b>	ombran HB + ombran MHP15
3. Reparação e revestimento de paredes e tratamento de juntas entre manilhas	<b>Solução 3.1</b>	ombran HB + ombran MHP
	<b>Solução 3.2</b>	ombran HB + ombran MHP + MC-DUR 1177 WV-A + ombran CPS
4. Regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa	<b>Solução 4.1</b>	ombran FG PLUS

Uma vez que as soluções aqui propostas recorrem a argamassas, o tempo de espera entre camadas pode ser desprezado, pois a camada seguinte é aplicada com a anterior ainda fresca.

Relativamente ao tempo de espera que é necessário para voltar a colocar a caixa de visita em serviço, ele é de 1,5 horas para a solução 2.1, de 3 horas para a solução 3.1 e de 24 horas para a solução 3.2. Note-se que quer na solução 2.1, quer na solução 3.1 é necessário fazer uma cura húmida das superfícies tratadas de três dias.

#### 5.4.2 Soluções REDECOR

As soluções de reabilitação utilizando produtos da marca REDECOR encontram-se na Tabela 5.2. As soluções aqui propostas recorrem ao emprego de argamassas, utilizando numa primeira fase uma argamassa de reparação (Vandex Rapid XL). Esta argamassa irá fazer a reparação das juntas entre manilhas, regularização da ligação entre a tubagem e a caixa de visita, regularização de vazios nas paredes e um eventual reforço da laje de fundo. O processo termina com a aplicação da argamassa de revestimento (Vandex Rapid M) em todas as superfícies. São idênticas as soluções propostas para a reparação das lajes de fundo e das paredes da caixa de visita.

Tabela 5.2 – Soluções de reabilitação usando produtos da REDECOR

Tipo de intervenção	Esquemas a utilizar em caixas de visita	
	REDECOR	
1. Colmatação de entradas de água	Solução 1.1	Vandex PLUG
2. Reparação e revestimento de lajes de fundo	Solução 2.1	Vandex Rapid XL + vandex Rapid M
3. Reparação e revestimento de paredes e tratamento de juntas entre manilhas	Solução 3.1	Vandex Rapid XL + vandex Rapid M
4. Regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa	Solução 4.1	Vandex Cemrep 202

Nesta solução, apesar de ser utilizado mais do que um produto é desprezado o tempo de espera entre cada um deles pois trata-se de argamassas, onde as camadas devem ser aplicadas fresco-no-fresco. Após a aplicação da argamassa de revestimento (a Vandex Rapid M), o tempo de espera para colocar a caixa de visita em serviço é de 1 hora.

### 5.4.3 Soluções HERMES QI TECHNOLOGIE

A Tabela 5.3 diz respeito à utilização de produtos de reabilitação da marca HERMES QI TECHNOLOGIE. As soluções propostas são iguais para reabilitar a laje de fundo e as paredes das caixas. São propostas argamassas de reparação e proteção (sistema-2-em-1), para fazerem o reperfilamento e proteção das superfícies de betão.

Os produtos propostos são em tudo iguais, exceto na capacidade de reperfilamento e no acabamento final. Utilizando a Ergelit-KT 40 é possível fazer reperfisamentos com 30 mm de espessura numa só vez, sendo que a espessura mínima por camada é de 10 mm. Aplicando a Ergelit-KT 10 é possível reperfilar de uma só vez uma espessura de 40 mm, sendo que a espessura mínima é de 3 mm por camada. Desta forma é possível concluir que a Ergelit-KT 10 é mais abrangente que a Ergelit-KT 40. Relativamente ao acabamento final, a Ergelit-KT 10 apresenta um acabamento mais liso pois as dimensões do agregado são menores.

Para realizar o tratamento das juntas entre manilhas, ligações entre a tubagem e a caixa e regularização de vazios nas paredes será utilizado o Ergelit-KT 10 ou o Ergelit-KT 40 conforme a solução escolhida.

Tabela 5.3 – Solução de reabilitação usando produtos da HERMES QI TECHNOLOGIE

Tipo de intervenção	Esquemas a utilizar em caixas de visita	
	HERMES QI TECHNOLOGIE	
1. Colmatação de entradas de água	Solução 1.1	Ergelit 10SD
2. Reparação e revestimento de lajes de fundo	Solução 2.1	ErgeliT-KT 10
	Solução 2.2	Ergelit-KT 40
3. Reparação e revestimento de paredes e tratamento de juntas entre manilhas	Solução 3.1	Ergelit-KT 10
	Solução 3.2	Ergelit-KT 40
4. Regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa	Solução 4.1	Ergelit SBM

Para ambas as soluções apresentadas o tempo de espera para colocar a caixa de visita em serviço é de 24 horas, tendo um período de cinco dias de cura húmida.

#### 5.4.4 Soluções MAPEI

Na Tabela 5.4 são apresentadas as soluções para a reabilitação do betão das caixas de visita, utilizando produtos da marca MAPEI. Para reparar a laje de fundo é proposta a Sewament 40 (solução 2.1). Esta argamassa apresenta características idênticas às da Sewament 10 que é proposta para reparar as paredes da caixa (solução 3.1), mas necessitando de um tempo de cura inferior.

Para realizar o tratamento das juntas entre manilhas, ligações entre a tubagem e a caixa e regularização de vazios nas paredes será utilizado o Sewament 10.

Tabela 5.4 – Solução de reabilitação usando produtos da MAPEI

Tipo de intervenção	Esquemas a utilizar em caixas de visita	
	MAPEI	
1. Colmatação de entradas de água	<b>Solução 1.1</b>	Lamposilex
2. Reparação e revestimento de lajes de fundo	<b>Solução 2.1</b>	Sewament 40
3. Reparação e revestimento de paredes e tratamento de juntas entre manilhas	<b>Solução 3.1</b>	Sewament 3 Primer + Sewament 10
4. Regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa	<b>Solução 4.1</b>	Mapegrout SV

Uma vez que as soluções aqui propostas são usando argamassas, o tempo de espera entre camadas pode ser desprezado pois a camada seguinte é aplicada com a anterior ainda fresca. Relativamente ao tempo de espera que é necessário para colocar a caixa de visita em serviço, é de 4 a 8 horas para a solução 2.1 e de 3 a 7 dias para a solução 3.1.

#### 5.4.5 Soluções SIKA

A Tabela 5.5 diz respeito à utilização de produtos de reabilitação da marca SIKA. São idênticas as soluções propostas para a reabilitação da laje de fundo da caixa e para a reabilitação das paredes da mesma. Numa fase inicial é utilizada uma argamassa, Sikagard-720 EpoCem, para fazer o reperfilamento das superfícies, permitindo também criar as condições ideais para aplicar o produto seguinte, o epóxi Sikagard-63N PT em duas demãos cruzadas, que será o elemento que fará a proteção das superfícies de betão. Entre a aplicação da argamassa de reperfilamento e o revestimento final, será aplicado um primário de aderência para epóxi, o Sikafloor -156.

Para realizar o tratamento das juntas entre manilhas, ligações entre a tubagem e a caixa e, se necessário, proceder a reperfilamentos de maiores dimensões, antes da aplicação do Sikagard-720 EpoCem, deve ser aplicado o Sika Montop-412 S, que é uma argamassa de reparação estrutural.



Tabela 5.5 – Solução de reabilitação usando produtos da SIKA

Tipo de intervenção	Esquemas a utilizar em caixas de visita	
	SIKA	
1. Colmatação de entradas de água	<b>Solução 1.1</b>	Sika 4a Mortero Rápido
2. Reparação e revestimento de lajes de fundo	<b>Solução 2.1</b>	Sika Montop-412 S + Sikagard-720 EpoCem + Sikafloor -156 + Sikagard-63N PT
3. Reparação e revestimento de paredes e tratamento de juntas entre manilhas	<b>Solução 3.1</b>	Sika Montop-412 S + Sikagard-720 EpoCem + Sikafloor -156 + Sikagard-63N PT
4. Regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa	<b>Solução 4.1</b>	Sika FastFix-138 TP

Na solução aqui apresentada são utilizados diferentes materiais, sendo que o intervalo de tempo entre cada aplicação deve ser de 24 horas, mesmo para a aplicação das duas demãos do Sikagard-63N PT. Após a aplicação do Sikagard-63N PT são necessários 7 dias de espera para colocar a caixa de visita em serviço.

## 5.5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

Neste subcapítulo é realizada uma estimativa orçamental para cada solução de reabilitação proposta em 5.4. Esta estimativa orçamental engloba, não só o custo do material, mas também o custo da mão-de-obra para aplicação dos produtos, o custo relativo à preparação do substrato (hidrodecapagem), o custo das infraestruturas provisórias (*by-pass*) e o custo de estaleiro.

### 5.5.1 Custos de mão-de-obra para aplicação de argamassas, de epóxis e de primários

Admitindo que numa empreitada de reabilitação de caixas de visita a mão-de-obra é constituída por um oficial de 1ª impermeabilizador e um servente especializado, é necessário conhecer qual o custo de mão-de-obra por hora de ambos e o rendimento para aplicação de argamassas, epóxi e primários de aderência. Tais informações foram conseguidas através do contacto com um aplicador.

De posse dos custos de mão-de-obra e os respectivos rendimentos, é calculado o custo total de mão-de-obra para cada tipo de produto, multiplicando o valor do rendimento pelo custo hora de mão-de-obra. Tais valores encontram-se na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Custos de mão-de-obra para aplicação de argamassas, de epóxis e de primários de aderência

Custo de mão-de-obra			
Tipo de revestimento	Argamassa	Epóxi	Primário
Rendimento (h/m <sup>2</sup> )	0,32	0,10	0,10
Custo mão-de-obra Oficial de 1ª impermeabilizador (€/h)	25,00	25,00	25,00
Custo mão-de-obra Servente especializado (€/h)	17,00	17,00	17,00
Custo total (€/m <sup>2</sup> )	13,44	4,20	4,20

Analisando a Tabela 5.6 verifica-se que o rendimento que é conseguido para aplicação de argamassas é de 0,32 h/m<sup>2</sup> e de 0,10 h/m<sup>2</sup> para epóxi e primários de aderência. Relativamente aos custos de mão-de-obra, um oficial de 1ª impermeabilizador custa 25€/h e um servente especializado custa 17€/h. Assim sendo, o valor que é considerado para o custo de mão-de-obra (oficial de 1ª impermeabilizador e servente especializado), para aplicação de argamassas é de 13,44 €/m<sup>2</sup> e para aplicação de epóxi e primários de aderência é de 4,20€/m<sup>2</sup>.

### 5.5.2 Custo de preparação do substrato

No que diz respeito ao custo com a preparação do substrato, admitiu-se que esta tarefa é realizada através de hidrodecapagem a 500 bar (50 MPa). O custo da preparação do substrato por m<sup>2</sup>, foi fornecido pela HERMES QI TECHNOLOGIE e encontra-se na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Custo de preparação do substrato

Custo – preparação do substrato	
Hidrodecapagem (500bar) + remoção de betão degradado (€/m <sup>2</sup> )	4,00

### 5.5.3 Custo para infraestruturas provisórias e custo de estaleiro

Com a finalidade de determinar o custo a considerar, nas estimativas orçamentais, para o estaleiro e infraestruturas provisórias (*by-pass*), foi realizado um estudo sobre estes custos tendo por base as seguintes três empreitadas de reabilitação de caixas de visita, todas elas levadas a cabo pela SIMDOURO: “Reabilitação das Caixas de Visita do Interceptor do Horto”, “Reabilitação das Caixas de Visita dos

Interceptores da Madalena, Canelas e Espírito Santo” e por último “Reabilitação das Caixas de Visita dos Interceptores de Ateões e Valadares”.

Foi determinado, para cada uma das três empreitadas, o número de caixas de visita intervencionadas, o custo global de estaleiro e o custo global de infraestruturas provisórias. Para cada empreitada procedeu-se à divisão de cada um dos custos globais pelo número total de caixas intervencionadas (ver Tabela 5.8). Os custos, por caixa, obtidos em cada uma das três empreitadas ocupam as três últimas colunas da tabela.

Os valores considerados para as estimativas orçamentais são os valores médios que figuram na última linha da tabela (29,52€/caixa para custo de estaleiro e o custo para infraestruturas provisórias é de 34,79€/caixa, perfazendo um total de 64,30€/caixa).

Tabela 5.8 – Custo de estaleiro e de infraestruturas provisórias, por caixa de visita

	nº caixas	Estaleiro €	Infra. Provisórias €	Estaleiro/caixa €	Infra. Provisórias/caixa €	Total/caixa €
<b>Int. Horto</b>	44	2300,00	3500,00	52,27	79,55	131,82
<b>Int. Madalena/Canelas /Esp.Santo</b>	467	7000,00	6500,00	14,99	13,92	28,91
<b>Int. Ateões/Valadares</b>	333	7088,89	3630,00	21,29	10,90	32,19
			<b>Valor médio</b>	29,52	34,79	64,30

A análise dos custos patentes na Tabela 5.8 permite extrair uma conclusão evidente: os custos por caixa que foram encontrados são muito díspares. Este facto é indício forte de que a amostra utilizada não é representativa. Esta não representatividade poderá resultar de várias causas, que poderão ocorrer em simultâneo. De entre estas causas há três que imediatamente surgem a qualquer leitor atento: a) a dimensão da amostra é demasiadamente pequena; b) as amostras não foram extraídas da mesma população (isto é, as três empreitadas apresentam características muito distintas). Estas são questões que prejudicam a validade dos resultados obtidos e que, por isso, justificam uma reflexão ponderada e, muito seguramente, uma redefinição da amostra utilizada para a criação dos custos unitários; c) O valor do estaleiro e infraestruturas provisórias não é diretamente proporcional ao número de caixas a intervir, o que leva a que numa pequena quantidade de caixas se note mais o “peso” destes fatores pois existe um valor mínimo inerente.

#### 5.5.4 Custo para argamassas de tamponamento de vias de água

Seguidamente é calculado o custo total (produto + aplicação) associado às argamassas que são utilizadas para realizar tamponamentos de vias de água.

No que refere ao custo de mão-de-obra para aplicação destas argamassas, este foi determinado com base em empreitadas de reabilitação de caixas de visita: “Reabilitação das Caixas de Visita do Interceptor do Horto” e “Reabilitação das Caixas de Visita dos Interceptores da Madalena, Canelas e Espírito Santo”. Apenas foram consideradas estas duas empreitadas devido ao facto da empreitada “Reabilitação das Caixas de Visita dos Interceptores de Ateões e Valadares”, não conter na proposta informação sobre a aplicação de argamassas de tamponamento de vias de água. Na Tabela 5.9 está indicado o valor médio para o fornecimento e aplicação de argamassas de tamponamento de vias de água referente a estas duas empreitadas.

Tabela 5.9 – Custo de fornecimento mais aplicação

	Custo fornecimento + aplicação €/Kg
Int. Horto	35,00
Int. Madalena/Canelas/Esp.Santo	6,00
Valor médio	20,50

O custo de mão-de-obra para aplicação destas argamassas resulta da diferença entre o valor médio de fornecimento mais aplicação, (20,50€/Kg) e o valor médio do custo unitário das várias argamassas que serão apresentadas de seguida (3,15€/Kg), resultando um custo de mão-de-obra para aplicação de aproximadamente 17,50€/Kg.

Uma vez que o consumo deste tipo de argamassas depende do número de vias de água a tamponar, foi considerado que cada caixa de visita consome 5kg de argamassa. Foi admitido este valor por ser a quantidade média de argamassa utilizada em caixas de visita com 1,25m de diâmetro e 2,5m de altura. Relativamente ao custo de mão-de-obra para aplicação deste tipo de produtos, verificou-se através da análise dos custos das empreitadas anteriormente citadas que é de cerca de 17,50€ por cada quilo de argamassa aplicada, perfazendo no total dos 5 Kg consumidos um custo de aplicação de 87,50€ por caixa.

Para obter o custo total desta intervenção por caixa intervencionada, é multiplicado o custo unitário do produto (obtido através do fabricante e consultando catálogos de preços), pelo consumo e a esse resultado somado o custo de mão-de-obra para aplicação dos 5kg de argamassa.

Na Tabela 5.10 pode-se verificar o custo de intervenção para argamassas de tamponamento de vias de água por cada caixa, para cinco produtos das marcas anteriormente referidas.

Tabela 5.10 – Custo de produtos mais aplicação para argamassas de tamponamento de vias de água

Marca	MC-BAUCHEMIE	REDECOR	HERMES QI TECHNOLOGIE	MAPEI	SIKA
Produto	ombran W	Vandex Plug	ERGELIT 10SD	Lamposilex	Sika 4a Mortero Rápido
Consumo (Kg/caixa)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Custo unitário (€/Kg)	3,43	2,31	2,50	3,62	3,93
Desconto (%)	30,00	30,00	-	30,00	20,00
Custo da solução (€/caixa)	12,01	8,09	12,50	12,67	15,72
<b>Custo total - produto + aplicação</b>					
Custo de-mão-de-obra para aplicação de 5 kg de argamassa (€/caixa)	87,50	87,50	87,50	87,50	87,50
Custo intervenção (€/caixa)	99,51	95,59	100,00	100,17	103,22

### 5.5.5 Custo para reparação e proteção do betão de caixas de visita

Neste subcapítulo é calculado o custo do produto mais aplicação para realizar intervenções de reparação e proteção de caixas de visita. Todos os preços unitários dos produtos aqui mencionados foram obtidos através do contacto com os fabricantes ou por consulta de catálogos de preços.

Uma vez que o custo dos produtos é fornecido em € por Kg, é necessário multiplicar esse valor pela espessura adotada e pelo rendimento do produto, para determinar o custo do produto por metro quadrado. A esse resultado é aplicado o desconto caso exista. Após a determinação do custo do produto é necessário somar a esse valor o custo da mão-de-obra, obtendo desta forma o custo total da intervenção. Estes cálculos são realizados para todos os produtos envolvidos nas diversas soluções.

Relativamente à espessura considerada para o cálculo dos custos de intervenção, ela é de 6 mm em grande parte dos produtos apresentados no subcapítulo 5.4, devido ao facto de ser a espessura mínima indicada para a aplicação da maioria dos produtos em estudo. No caso do ombran CPS, Sikagard-720 EpoCem e do ERGELIT-KT 40, foram consideradas respetivamente espessuras com 4 mm, 3 mm e 10 mm. Para a regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa de visita, é admitida uma espessura de 5 mm para todas as soluções.

A título de exemplo é, neste parágrafo, apresentado o cálculo do custo de intervenção da solução 2.1 da Tabela 5.1. O custo unitário dos produtos envolvidos nesta solução é de 1,08€/ Kg para o ombran HB e de 0,95€/ Kg para o ombran MHP15. Multiplicando esses valores pela espessura da camada e pelo rendimento, aplicando o desconto, obtém-se o custo do produto de 0,83€/m<sup>2</sup> para o ombran HB e 7,58€/m<sup>2</sup> para o ombran MHP15. Somando estes valores obtém-se um custo de solução (apenas considerando o custo de produto) de 8,41€/m<sup>2</sup>. Para determinar o custo da intervenção é necessário contabilizar a mão-de-obra. Nesse sentido, a cada custo de produto é adicionado o respetivo custo com a mão-de obra que é de 4,20€/m<sup>2</sup> para o ombran HB, por se tratar de um primário de aderência e de 13,44€/m<sup>2</sup> para o ombran MHP15, por se tratar de uma argamassa. No total, a solução 2.1 da Tabela 5.1 apresenta um valor para o custo de intervenção de 26,05€/m<sup>2</sup>.

Da Tabela 5.11 à Tabela 5.15 são apresentados os custos de intervenção (custo do produto + aplicação) por metro quadrado, referentes à reparação e proteção do betão de caixas de visita, utilizando produtos dos cinco fabricantes já referidos no subcapítulo 5.4.

Tabela 5.11 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita:  
custo de produto + aplicação, para as soluções da marca MC-BAUCHEMIE

MC-BAUCHEMIE - Custo do produto									
Solução	Solução 2.1		Solução 3.1		Solução 3.2				Solução 4.1
Produto	ombran HB	ombran MHP15	ombran HB	ombran MHP	ombran HB	ombran MHP	MC-DUR 1177 WV-A	ombran CPS	ombran FG plus
Espessura adotada mm	-	6,00	-	6,00	-	6,00	-	4,00	10,00
Rendimento Kg/m²/mm	1,1	1,90	1,10	1,90	1,10	1,90	0,20	1,50	1,80
Custo unitário €/Kg	1,08	0,95	1,08	0,92	1,08	0,92	12,53	7,45	0,83
Desconto %	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Custo do produto €/m²	0,83	7,58	0,83	7,34	0,83	7,34	1,75	31,28	10,46
Custo da solução €/m²	8,41		8,17		41,20				10,46
Custo total - produto + aplicação									
Custo intervenção €/m²	26,05		25,81		76,48				23,90

Analisando a Tabela 5.11 verifica-se que o custo de intervenção para reabilitação da laje de fundo, solução 2.1, é de 26,05€/m<sup>2</sup>. Relativamente à reabilitação das paredes da caixa de visita, utilizando a solução 3.1 o custo de intervenção é de 25,81€/m<sup>2</sup>, sendo que este valor aumenta consideravelmente na solução 3.2, uma vez que o custo de intervenção é de 76,48€/m<sup>2</sup>. No que diz respeito à regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa de visita, solução 4.1, esta tem um custo de intervenção de 23,90€/m<sup>2</sup>.

Tabela 5.12 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita:  
custo de produto + aplicação, para as soluções da marca REDECOR

REDECOR- Custo produto			
Solução	Solução 2.1 e 3.1		Solução 4.1
Produto	Vandex Rapid XL	Vandex Rapid M	Vandex Cemrep 202
Espessura adotada mm	6,00	6,00	10,00
Rendimento Kg/m²/mm	2,00	2,00	2,20
Custo unitário €/Kg	1,27	2,03	1,76
Desconto %	30,00	30,00	30,00
Custo do produto €/m²	10,67	17,05	27,10
Custo da solução €/m²	27,72		27,10
Custo total - produto + aplicação			
Custo intervenção €/m²	24,11	30,49	40,54

Através da análise da Tabela 5.12 verifica-se que o custo de intervenção para reparação do betão utilizando o Vandex Rapid XL é de 24,11 /m<sup>2</sup> e o custo de intervenção a considerar para proteção do betão, utilizando o Vandex Rapid M é de 30,49€/m<sup>2</sup>. Para a solução 4.1, o custo de intervenção é de 40,54€/m<sup>2</sup>.

Tabela 5.13 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita:

custo de produto + aplicação, para as soluções da marca HERMES QI TECHNOLOGIE

HERMES QI TECHNOLOGIE - Custo do produto			
Solução	Solução 2.1 e 3.1	Solução 2.2 e 3.2	Solução 4.1
Produto	Ergelit-KT 10	Ergelit-KT 40	Ergelit SBM
Espessura adotada mm	6,00	10,00	10,00
Rendimento Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,10	2,10	2,00
Custo unitário €/Kg	0,93	0,93	1,20
Custo produto €/m <sup>2</sup>	11,70	19,50	24,00
Custo da solução €/m <sup>2</sup>	11,70	19,50	24,00
Custo total - produto + aplicação			
Custo intervenção €/m <sup>2</sup>	25,14	32,94	37,44

Analisando a Tabela 5.13 conclui-se que o custo de intervenção, relativo à reparação e proteção do betão, para as soluções 2.1 e 3.1 é de 25,14€/m<sup>2</sup> e para as soluções 2.2 e 3.2 é de 32,94€/m<sup>2</sup>. No que diz respeito à solução 4.1, o custo de intervenção a ser considerado é de 37,44€/m<sup>2</sup>.

Tabela 5.14 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita:

custo de produto + aplicação, para as soluções da marca MAPEI

MAPEI - Custo do produto				
Solução	Solução 2.1 e 3.1			Solução 4.1
Produto	Sewament 40	Sewament 3 Primer	Sewament 10	Mapegrout SV
Espessura adotada mm	6,00	-	6,00	10,00
Rendimento Kg/m²/mm	1,87	1,80	1,85	1,70
Custo unitário €/Kg	2,44	0,85	0,80	0,81
Desconto %	30,00	30,00	30,00	30,00
Custo produto €/m²	19,16	1,07	6,22	9,64
Custo da solução €/m²	19,16	7,29		9,64
Custo total - produto + aplicação				
Custo intervenção €/m²	32,60	24,93		23,08

Por análise da Tabela 5.14 verifica-se que o custo de intervenção para reabilitar a laje de fundo utilizando o Sewament 40 é de 32,60€/m<sup>2</sup>. Relativamente à reabilitação das paredes, o custo de intervenção é de 24,93€/m<sup>2</sup>. Para a regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa de visita, o custo de intervenção a ser considerado é de 23,08€/m<sup>2</sup>.

Tabela 5.15 – Reparação e proteção do betão de caixas de visita:  
custo de produto + aplicação, para as soluções da marca SIKA

SIKA - Custo do produto					
Solução	Solução 2.1e 3.1				Solução 4.1
Produto	Sikagard-720 EpoCem	Sikafloor -156	Sikagard-63N PT	Sika Montop-412 S	Sika FastFix-138 TP
Espessura adotada mm	3,00	-	-	6,00	10,00
Rendimento Kg/m²/mm	2,00	0,55	0,40	1,90	2,30
Custo unitário €/Kg	3,74	1,61	1,62	1,16	1,36
Desconto %	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Custo do produto €/m²	17,95	0,71	0,52	1,76	25,02
Custo da solução €/m²	20,94				25,02
Custo total - produto + aplicação					
Custo intervenção €/m²	41,02			15,20	38,46

Uma vez que, quando usando produtos da SIKA, a solução de reabilitação a laje de fundo é a mesma que é usada para as paredes da caixa de visita, por análise da Tabela 5.15 é possível concluir que o custo de intervenção a ser considerado é de 41,02€/m<sup>2</sup>. Verifica-se que o custo de intervenção para reparação do betão utilizando o Sika Monotop-412 S é de 15,20€/m<sup>2</sup>. Relativamente à regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa de visita, o custo de intervenção a ser considerado é de 38,46€/m<sup>2</sup>.

### 5.5.6 Custo final da reabilitação de caixas de visita

Este subcapítulo é dedicado à determinação do custo total de reabilitação de caixas de visita. Para tal, é necessário admitir um diâmetro e uma altura para a caixa de visita, bem como o diâmetro da tampa de entrada. Neste sentido, a autora admitiu caixas de visita com um diâmetro de 1,25 m, altura de 2,50 m e diâmetro da tampa de 600 mm.

Após o conhecimento do diâmetro e altura da caixa de vista, é calculada a área da laje de fundo e a área de parede a reabilitar, sendo esta última determinada através do cálculo do perímetro da caixa e multiplicando esse resultado pela altura da mesma. A área total a intervir, resulta da soma da área da laje de fundo com a área das paredes. Relativamente à regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa de vista, a área a intervencionar é determinada através do cálculo da diferença das áreas da tampa e da gola. Na Tabela 5.16 encontram-se os dados referentes à geometria da caixa de visita.



Tabela 5.16 – Dados relativos à geometria da caixa de visita

Dados	
$\phi$ caixa m	1,25
h caixa m	2,50
Área da laje de fundo m <sup>2</sup>	1,23
Área das paredes m <sup>2</sup>	9,82
$\phi$ tampa mm	600,00
$\phi$ da gola (mm)	800,00
Área da gola (m <sup>2</sup> )	0,22
Área a reparar (m <sup>2</sup> )	1,00
Área a hidrodecapar (m <sup>2</sup> )	11,27

Como a aplicação de argamassas de reparação depende do estado de conservação da caixa de visita, foi considerado que no total é realizado um reperfilamento de 1m<sup>2</sup> por caixa de visita a reparar, que compreende trabalhos como: preenchimento de juntas entre manilhas, pequenos enchimentos, etc.

Para calcular o custo final de reabilitação de caixas de visita de sistemas de drenagem de águas residuais, é necessário multiplicar o custo de intervenção, calculado em 5.5.5, pela respetiva área a intervir ou seja, os produtos destinados a serem aplicados na laje de fundo, devem ser multiplicados pela área referente à laje de fundo e os produtos a serem aplicados nas paredes, devem ser multiplicados pela área de parede. A esse resultado é somado o custo referente às argamassas de tamponamento de vias de água, o custo de estaleiro, o custo referente às infraestruturas provisórias e o custo da preparação do substrato, custo este obtido através do somatório das áreas a preparar multiplicadas pelo valor unitário (4€/m<sup>2</sup>).

A título exemplificativo é calculado o custo final da reabilitação utilizando as soluções (1.1+2.1+3.1+4.1, ver Tabela 5.1) da MC-BAUCHEMIE.

O custo de intervenção para a solução 2.1 (reabilitação da laje de fundo) é de 26,05€/m<sup>2</sup> que multiplica pela área da laje de fundo (1,23m<sup>2</sup>). O custo de intervenção para a solução 3.1 (reabilitação das paredes) que é de 25,81€/m<sup>2</sup> multiplica pela área das paredes (9,82m<sup>2</sup>). O custo de intervenção para a solução 4.1 (regularização do chumbamento da tampa de entrada da caixa) é obtido multiplicando a área da gola (0,22m<sup>2</sup>) pelo custo de intervenção respetivo (23,90€/m<sup>2</sup>). O custo referente ao reperfilamento de 1 m<sup>2</sup> obtêm-se multiplicando este pelo respetivo custo da argamassa utilizada (25,81€/m<sup>2</sup>). Aos quatro custos já referidos é ainda necessário adicionar o custo referente à argamassa de tamponamento de vias de água (99,51€/caixa), o custo de estaleiro (29,52€/caixa), o custo relativo às infraestruturas provisórias (34,79€/caixa) e o custo de hidrodecapagem (45,08€/caixa). Como conclusão, resulta um custo final de reabilitação de caixas de visita de 525,45€/caixa.

As cinco tabelas que se seguem apresentam o custo final de cada uma das soluções para reabilitação de caixas de visita que foram apresentadas no subcapítulo 5.4.

Tabela 5.17 – Custo final de reabilitação utilizando produtos da marca MC-BAUCHEMIE

Custo total por caixa: MC-BAUCHEMIE		
	Solução 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1	Solução 1.1 + 2.1 + 3.2 + 4.1
Custo final (€/caixa)	525,45	1023,03

A Tabela 5.17 mostra que o custo final obtido para a reabilitação de caixas de visita, utilizando na laje de fundo o ombran HB e o ombran MHP15 (solução 2.1) e nas paredes o ombran HB e o ombran MHP (solução 3.1), tem um custo final de 525,45€/caixa. Se for pretendido um revestimento adicional nas paredes da caixa, o ombran CPS (solução 3.2) o custo final sofre um agravamento muito considerável, passando a ser de 1023,03€/caixa.

Tabela 5.18 – Custo final de reabilitação utilizando produtos da marca REDECOR

Custo total por caixa: REDECOR	
	Solução 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1
Custo final (€/caixa)	574,91

Através da análise da Tabela 5.18 verifica-se que a solução que utiliza produtos da REDECOR apresenta um custo final de reabilitação de 574,91€/caixa.

Tabela 5.19 – Custos finais de reabilitação utilizando produtos da marca HERMES QI TECHNOLOGIE

Custo total por caixa: HERMES QI TECHNOLOGIE		
	Solução 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1	Solução 1.1 + 2.2 + 3.2 + 4.1
Custo final (€/caixa)	520,56	614,55

A Tabela 5.19 mostra que o custo final obtido para a reabilitação de caixas de visita, utilizando o produto ERGELIT-KT 10 nas paredes e laje de fundo é de 520,56€/caixa. Já o custo final utilizando o produto ERGELIT-KT 40 é ligeiramente mais caro sendo de 614,55€/caixa.

Tabela 5.20 – Custo final utilizando produtos da marca MAPEI

Custo total por caixa: MAPEI	
	Solução 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1
Custo final (€/caixa)	507,87

Da análise à Tabela 5.20 verifica-se que o custo final de reabilitação utilizando produtos da MAPEI é de 507,87€/caixa.

Tabela 5.21 – Custo final utilizando produtos da marca SIKA

Custo total por caixa: SIKA	
	Solução 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1
Custo final (€/caixa)	689,56

Da análise à Tabela 5.21 é verificado que a solução utilizando produtos da SIKA é de 689,56€/caixa.

Na Tabela 5.22 é estabelecida uma comparação entre as várias soluções propostas. Esta comparação relaciona o tempo necessário para colocar as caixas de visita em funcionamento, com o custo de intervenção.

Tabela 5.22 – Comparação entre as várias soluções

Marca		Tempo de entrada ao serviço	Custo (€/caixa)
MC-BAUHEMIE	Solução 1.1+2.1+3.1+4.1	3 horas	525,00
	Solução 1.1+2.1+3.2+4.1	24 horas	1023,00
REDECOR		1 hora	575,00
HERMES QI TECHNOLOGIE	Solução 1.1+2.1+3.1+4.1	24 horas	521,00
	Solução 1.1+2.2+3.2+4.1	24 horas	615,00
MAPEI	Fundos	4 horas	508,00
	Paredes	3 dias	
SIKA		7 dias	690,00

**Nota:** os valores acima calculados não têm em conta a permanência do *by-pass* na caixa de visita, nos casos em que o tempo de cura é superior a um dia.



## CAPÍTULO 6

### ESTUDO EXPERIMENTAL DE REVESTIMENTOS EM ARGAMASSAS

#### 6.1 FUNDAMENTO

No que diz respeito à reabilitação de betões, uma das maiores dificuldades com que se têm debatido as entidades gestoras de sistemas de drenagem de águas residuais, tem a ver com o conhecimento do comportamento físico e químico, das argamassas de proteção/reparação.

Durante a última década vários órgãos, construídos em betão e pertencentes a sistemas de drenagem de águas residuais, têm vindo a sofrer intervenções de reabilitação. Para tal, têm vindo a ser utilizadas argamassas de reparação/proteção, indicadas para serem aplicadas em estruturas de águas residuais. Porém, tem vindo a verificar-se que, muito frequentemente, estes sistemas de reparação/proteção têm durabilidade inferior – em muitos casos mesmo muito inferior – ao que seria de esperar.

A Figura 6.1 ilustra um exemplo desta degradação acelerada dos sistemas de reparação/proteção. Nesta figura pode observar-se o aspeto atual de uma das caixas de alimentação de um dos digestores de lamas da ETAR de Gaia Litoral. Estas caixas de alimentação, que foram reabilitadas com argamassas há menos de cinco anos, apresentam-se atualmente com o revestimento aplicado totalmente deteriorado.



Figura 6.1 – Degradação do revestimento em argamassa

O envelhecimento dos sistemas de drenagem de águas residuais leva a que o problema da degradação precoce das argamassas de revestimento venha assumindo, para as entidades gestoras, uma importância crescente. São vários os processos físicos e químicos que, atuando de modo isolado ou em conjunto, poderão explicar o fenómeno descrito. Duas possibilidades são porventura mais evidentes: a) má qualidade do substrato (o que remete para uma muito deficiente qualidade da construção inicial); b) insuficiente resistência física e/ou química da argamassa aplicada na reabilitação.

É no contexto que se descreveu nos parágrafos anteriores que a autora, no âmbito do seu estágio curricular e em parceria com a SIMDOURO e a Limpa Canal, levou a cabo um ensaio de campo que se irá apresentar neste capítulo. Este ensaio teve como objetivo obter uma primeira caracterização da resistência das argamassas de revestimento quando expostas a meios quimicamente agressivos, típicos das redes de drenagem de águas residuais.

Foram colocados vários provetes, executados com diferentes argamassas, numa das caixas de alimentação de um digestor de lamas da ETAR de Gaia Litoral. A evolução dos provetes foi sendo acompanhada por inspeção visual, mas também de forma quantitativa através da monitorização periódica do seu peso e do pH das argamassas que os constituíam. Nos momentos de monitorização foi também medido o pH do efluente.

### **6.2 SELEÇÃO DAS ARGAMASSAS A ESTUDAR**

Para realização deste estudo experimental foram seleccionadas algumas das argamassas que são abordadas neste relatório, todas elas consideradas adequadas à proteção do betão em órgãos de sistemas de drenagem de águas residuais. Foram ensaiados provetes dos seguintes produtos: ombran MHP e obran CPS (ambos da MC-BAUCHEMIE), Vandex Rapid M da REDECOR, Sewament 10 da MAPEI e, da HERMES QI TECHNOLOGIE, Ergelit-KT 10, Ergelit KS 2b L e Ergelit KS 2.

Cada um dos produtos acima mencionados constitui um sistema de estudo. Na Tabela 6.1 é apresentada a nomenclatura adotada para cada sistema.

Tabela 6.1 – Nomenclatura adotada

Produto	Nomenclatura do sistema
ombran MHP	S.1
ombran MHP +ombran CPS	S.2
Vandex Rapid M	S.3
Sewament 10	S.4
Ergelit-KT 10	S.5
Ergelit KS 2b L	S.6
Ergelit KS 2	S.7

**Nota:** O sistema S.2 é constituído pelo ombran MHP e revestido com o ombran CPS.

## 6.3 EXECUÇÃO DOS PROVETES

### 6.3.1 Amassadura

Na realização das amassaduras de argamassa, o material utilizado e o procedimento seguido foram iguais para todos os produtos. Para execução dos provetes foi necessário fazer uma adaptação da norma NP EN 196-1 (2006) - Métodos de ensaio de cimentos (NP EN 196-1, 2006), visto que para a preparação deste tipo de argamassas apenas é necessário adicionar água. Tal adaptação incidiu nos tempos de funcionamento da misturadora.

#### 6.3.1.1 Material utilizado

Para a realização das argamassas foi utilizado o seguinte material:

- Balança;
- Misturador;
- Cronómetro;
- Espátula.

Na Figura 6.2 está representado o misturador utilizado para realização das amassaduras.



Figura 6.2 – Misturador utilizado para realização das amassaduras.

#### 6.3.1.2 Quantidade de água de amassadura

A quantidade de água adicionada à amassadura foi aquela que é indicada pelos respectivos fabricantes, adaptando-a à quantidade de 2Kg de produto utilizado por amassadura.

**Nota:** No caso em que o fabricante recomenda uma gama de valores, optou-se por utilizar o valor médio do intervalo.

**Nota:** No sistema S.2 o produto em estudo é obtido através da mistura dos seus três componentes (resina, pó e endurecedor), não sendo permitida a execução de quantidades parciais.

Na Tabela 6.2 é são indicadas as quantidades de água de amassadura utilizadas para cada sistema.

Tabela 6.2 – Quantidade de água de amassadura utilizada em cada produto

Sistema	Quantidade de água indicada para 25 Kg de produto (L)	Quantidade de água adicionada para 2 Kg de produto (L)
S.1	3,5	0,28
S.2	-	-
S.3	3,375	0,27
S.4	3,625	0,29
S.5	3,25	0,26
S.6	3,75	0,30
S.7	3,75	0,30



### 6.3.1.3 Procedimento seguido na realização das amassaduras

Para a realização das amassaduras, respeitou-se o seguinte procedimento (NP EN 196-1, 2006):

1. Após pesagem de todos os materiais colocar a água e o produto no recipiente, tendo o cuidado de evitar perdas de material;
2. Colocar de imediato o misturador em funcionamento, durante um minuto, na velocidade lenta;
3. Parar o misturador durante um minuto, retirando, com a ajuda de uma espátula, toda a argamassa aderente às paredes e ao fundo do recipiente e envolvê-la na restante argamassa;
4. Colocar novamente o misturador em funcionamento na velocidade rápida, agora por dois minutos.

As quatro figuras seguintes (Figura 6.3 à Figura 6.6) ilustram as várias etapas da realização da amassadura.



Figura 6.3 – Pesagem do produto a utilizar na argamassa



Figura 6.4 – Medição da água de amassadura



Figura 6.5 – Realização da amassadura



Figura 6.6 – Resultado final da amassadura executada com ombran MHP

### 6.3.2 Preparação e cura dos provetes

Quando se realiza a preparação dos provetes, o principal objetivo é o de garantir que, após a cura, todos eles possuam geometria idêntica (a forma do molde). Desta forma se garante que os resultados dos variados ensaios sejam sempre comparáveis entre si. Esta operação deve ser realizada imediatamente a seguir à realização da amassadura.

Para a preparação dos provetes de argamassa, foram utilizados moldes prismáticos, de 40mm X 40mm X 160mm, originando cada molde três provetes. Durante o processo de moldagem a argamassa foi compactada utilizando para o efeito um compactador.

O procedimento seguido para moldagem e compactação foi o seguinte (NP EN 196-1, 2006):

1. Encher o molde numa primeira camada, com uma colher conveniente, e usando a espátula maior, mantida verticalmente com os seus bordos em contacto com a parte superior da prolonga, fazendo-a passar uma vez para trás e outra para a frente em cada compartimento do molde;
2. Compactar a primeira camada com 60 pancadas do compactador;
3. Encher uma segunda camada e nivelar com a espátula pequena;
4. Compactar de novo com 60 pancadas;
5. Retirar a prolonga e o molde com cuidado de cima do compactador e retirar o excesso de argamassa do molde utilizando a régua metálica plana com movimentos de cisalhamento;
6. Colocação de uma placa de vidro sobre os moldes;
7. Etiquetar os moldes para uma melhor identificação;
8. Colocar os moldes na câmara húmida;
9. Proceder à desmoldagem dos provetes e efetuar a respetiva identificação.

Na Figura 6.7 é possível observar o aspeto final da argamassa, ainda colocada nos moldes (Ergekit KT 10).

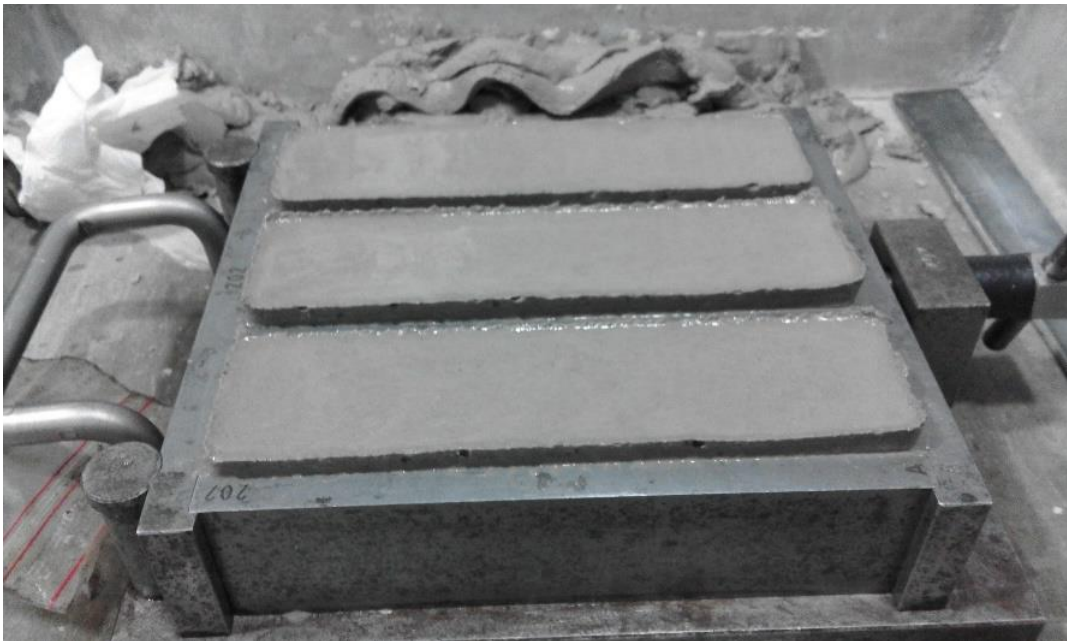


Figura 6.7 – Aspeto após compactação: Ergelit KT 10

A remoção do excesso de argamassa pode ser observado na Figura 6.8.



Figura 6.8 – Remoção do excesso de argamassa: ombran MHP

No que diz respeito à cura dos provetes, estes foram curados em câmara húmida durante o tempo que é indicado pelos fabricantes.

Na Tabela 6.3 estão indicados os tempos de cura de cada sistema.

Tabela 6.3 – Tempo de cura

Sistema	Tempo de cura
S.1	72 horas
S.2	24 horas
S.3	1 hora
S.4	24 horas
S.5	5 dias
S.6	5 dias
S.7	5 dias

**Nota:** No sistema S.2 apenas o ombran MHP foi curado em câmara húmida, o ombran CPS foi curado ao ar, por ser esta a forma de cura indicada pelo fabricante.

Na Figura 6.9 observa-se a colocação dos moldes na câmara húmida.



Figura 6.9 – Colocação dos moldes na câmara húmida

Após a desmoldagem os provetes foram todos identificados (ver Figura 6.10), sendo os provetes que integram o sistema S.2 raspados em todas as faces para proporcionar uma melhor aderência entre o ombran MHP e o ombran CPS.



Figura 6.10 – Identificação dos provetes



Após a aplicação do ombran CPS nos provetes de ombran MHP o aspeto final pode ser visualizado na Figura 6.11.



Figura 6.11 – Aspeto final dos provetes do sistema S.2

#### 6.4 COLOCAÇÃO DOS PROVETES NA CAIXA DE ALIMENTAÇÃO

Como já foi referido no Capítulo 3, a degradação do betão por ácido sulfúrico ocorre acima da veia líquida. É esta a razão pela qual os provetes foram colocados na caixa de alimentação do digestor de lamas de forma a estarem emersos. Para cada sistema foram executados três provetes perfazendo um total de vinte e um provetes.

Para colocar os provetes no interior da caixa de alimentação do digestor, foram utilizados cinco cestos metálicos realizados para o efeito. Na Figura 6.12 observa-se a distribuição dos vários provetes pelos cestos.



Figura 6.12 – Colocação dos provetes nos respectivos cestos

A colocação dos provetes na caixa de alimentação do digestor de lamas pode ser observada na Figura 6.13. Nela é possível verificar que estes foram colocados de forma a ficarem acima da veia líquida.



Figura 6.13 – Colocação dos provetes na caixa de alimentação do digestor de lamas

Os provetes foram colocados na caixa de alimentação do digestor de lamas no dia 19 de Maio de 2017. A última recolha de dados foi efetuada em 15 de Setembro de 2017.

## 6.5 PROCEDIMENTOS ADOTADOS

O procedimento adotado para realização deste estudo experimental foi baseado no que foi adotado em estudo análogo efetuado pelo Instituto de Botânica, Departamento de Microbiologia da Universidade de Hamburgo (Look e Book, [s.d.]). De forma a simular as condições de exploração, os provetes foram diariamente mergulhados no efluente durante trinta minutos. Periodicamente era efetuada a recolha de dados, para o que se procedia da seguinte forma:

1. Molhagem dos provetes no efluente, fazendo-os mergulhar por um período de trinta minutos;
2. Passagem dos provetes por água limpa de forma a eliminar possíveis restos do efluente;
3. Remoção da água aderente superficialmente com recurso ao uso de papel absorvente;
4. Pesagem dos provetes;
5. Medição do valor de pH em três faces do provete;
6. Medição do pH do efluente.

**Nota:** durante a realização do ensaio surgiu a dúvida se o valor de pH que era medido na superfície do provete seria influenciado pelo efluente, devido ao facto de estes serem previamente mergulhados. Para despistar tal suspeita foi realizada uma medição de pH antes e depois da molhagem dos provetes, obtendo-se valores muito próximos nas duas medições. Desta forma a autora decidiu manter o procedimento inicial.

A periodicidade das medições não foi constante durante a duração do ensaio. Inicialmente as medições foram realizadas de duas em duas semanas. Nesta fase a variação dos valores encontrados para as grandezas observadas foi pequena, pelo que se optou por alargar para três semanas o intervalo entre medições sucessivas. As fases do procedimento experimental adotado estão ilustradas pelas oito figuras seguintes (Figura 6.14 até à Figura 6.21).





Figura 6.14 – Molhagem dos provetes: veem-se dois conjuntos de provetes mergulhados no efluente



Figura 6.15 – Aspeto dos provetes após molhagem



Figura 6.16 – Lavagem dos provetes



Figura 6.17 – Remoção da água aderente à superfície de um provete.

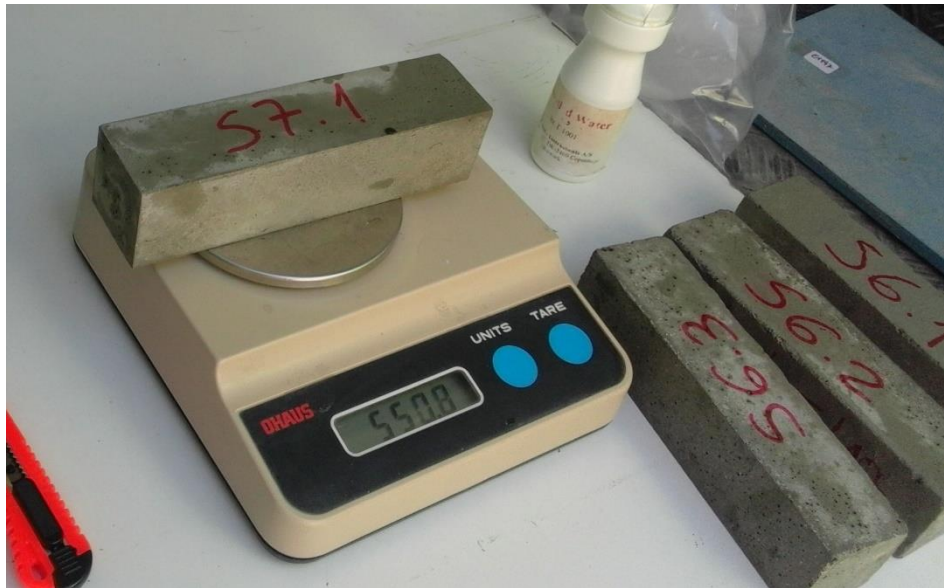


Figura 6.18 – Pesagem de um provete



Figura 6.19 – Medição do valor de pH de um provete



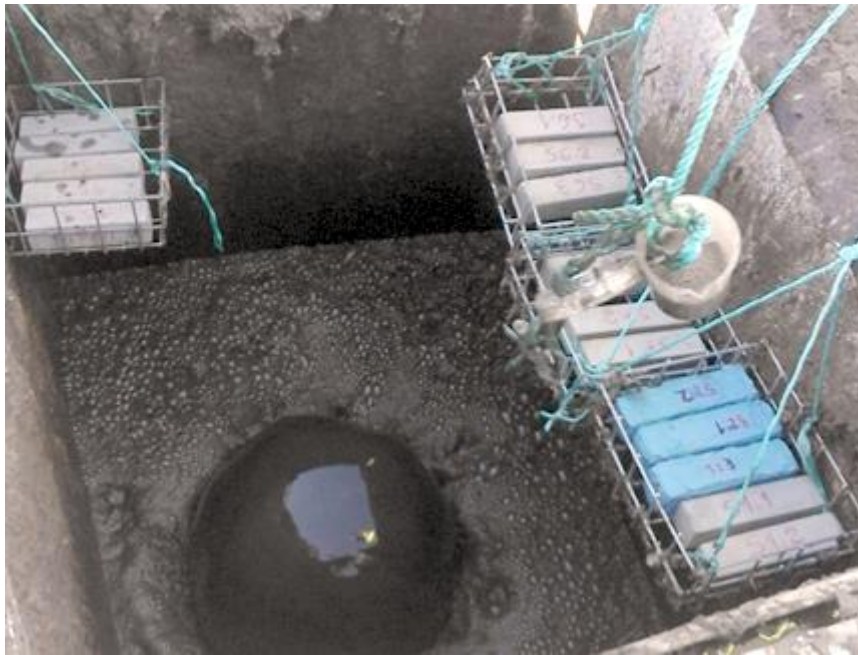


Figura 6.20 – Recolha de uma amostra do efluente

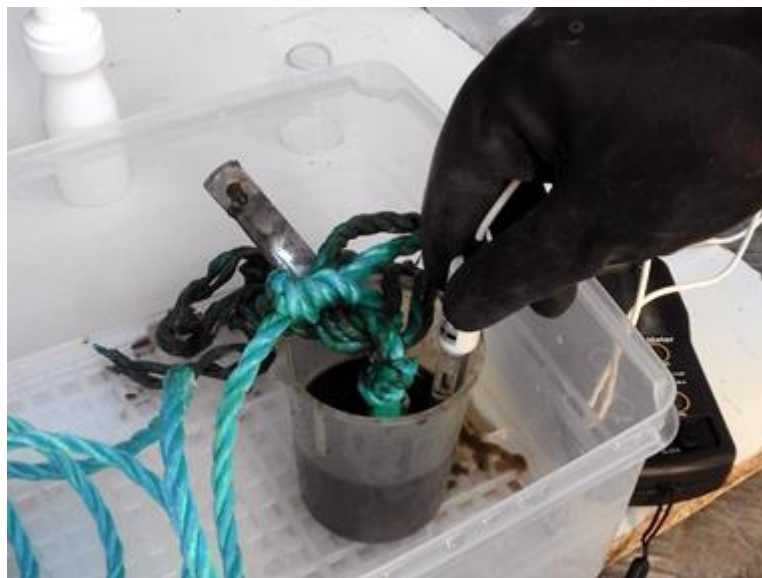


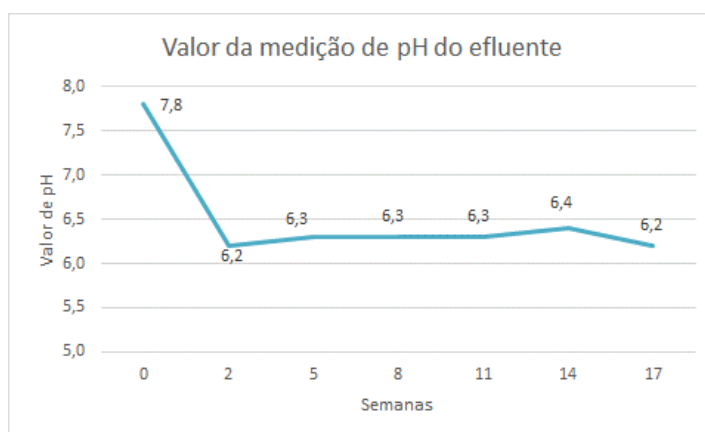
Figura 6.21 – Medição do pH de uma amostra do efluente

## 6.6 RESULTADOS

### 6.6.1 Medição de pH

No Gráfico 6.1 é possível visualizar o valor de pH do efluente ao longo do tempo. Através desta análise verifica-se que inicialmente o valor de pH era ligeiramente alcalino (7,8), tendo posteriormente estabilizado em valores próximos de 6,3.

Gráfico 6.1 – Medição do valor de pH do efluente



Uma vez que para cada provete foram realizadas três leituras, para obter o valor de pH por provete foi calculada a média dessas três leituras. Os resultados obtidos para o valor de pH dos provetes são apresentados do Gráfico 6.2 ao Gráfico 6.8.

Gráfico 6.2 - Valor de pH: sistema S.1

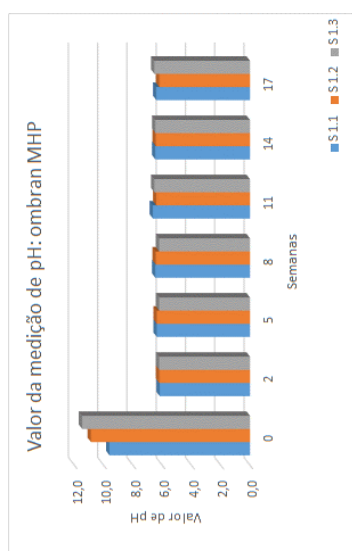


Gráfico 6.3 – Valor de pH: sistema S.2

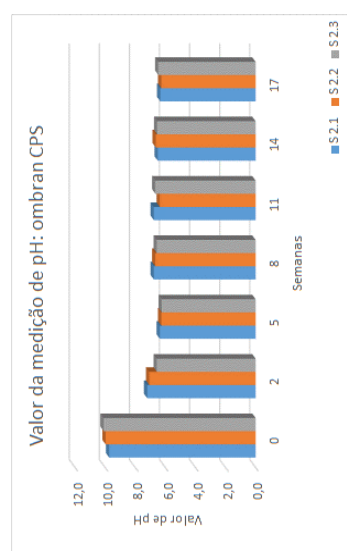


Gráfico 6.8 – Valor de pH: sistema S.7

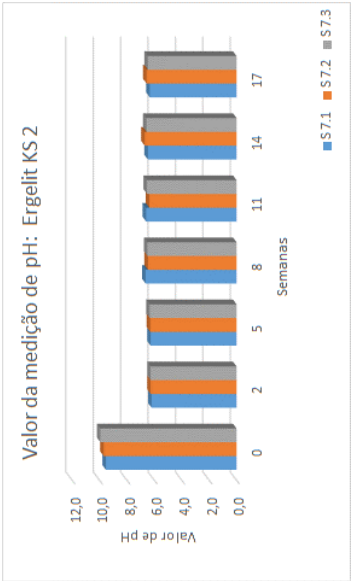


Gráfico 6.6 – Valor de pH: sistema S.5

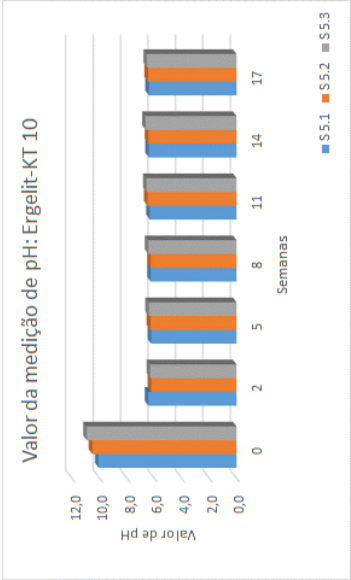


Gráfico 6.4 – Valor de pH: sistema S.3

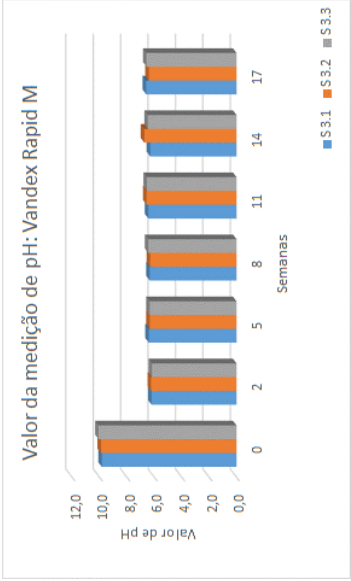


Gráfico 6.7 – Valor de pH: sistema S.6

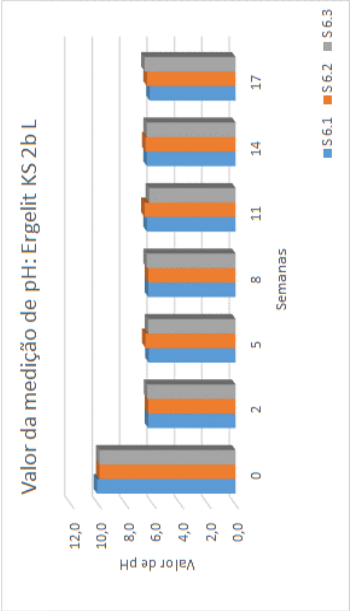
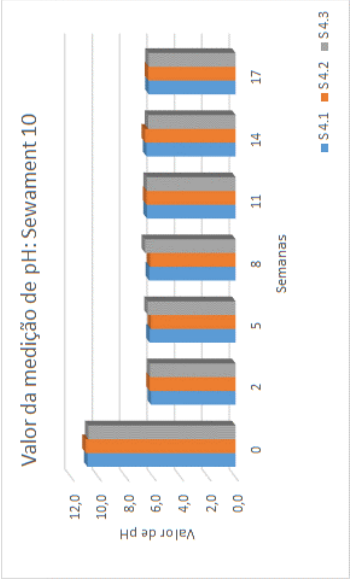


Gráfico 6.5 – Valor de pH: sistema S.4



Analisando os resultados obtidos para os valores de pH dos vários sistemas, é possível concluir que, nas primeiras duas semanas do estudo, todos os provetes perderam alcalinidade, tendo o valor de pH baixado de cerca de 10 para cerca de 6, valor próximo do encontrado no efluente. A partir daí o valor do pH manteve-se constante até ao final do ensaio.

### 6.6.2 Pesagem dos provetes

Os resultados da pesagem dos provetes de todos os sistemas em estudo são apresentados do Gráfico 6.9 ao Gráfico 6.15.

Gráfico 6.9 – Pesagem dos provetes: sistema S.1

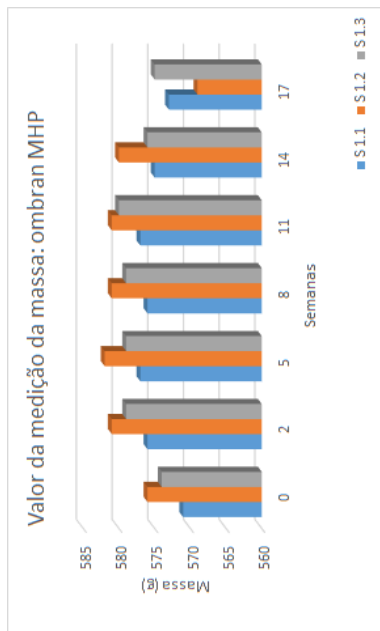


Gráfico 6.10 – Pesagem dos provetes: sistema S.2

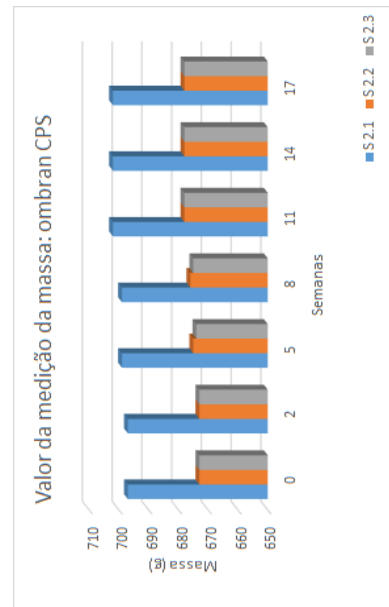


Gráfico 6.11 – Pesagem dos provetes: sistema S.3

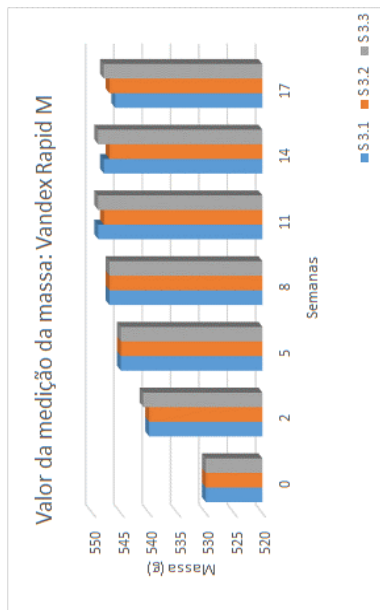


Gráfico 6.12 – Pesagem dos provetes: sistema S.4

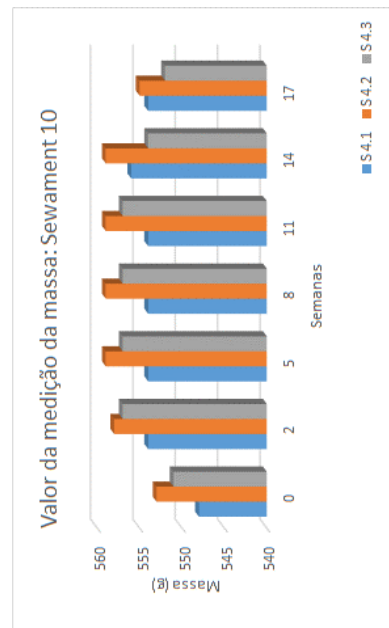


Gráfico 6.15 – Pesagem dos provetes: sistema S.7

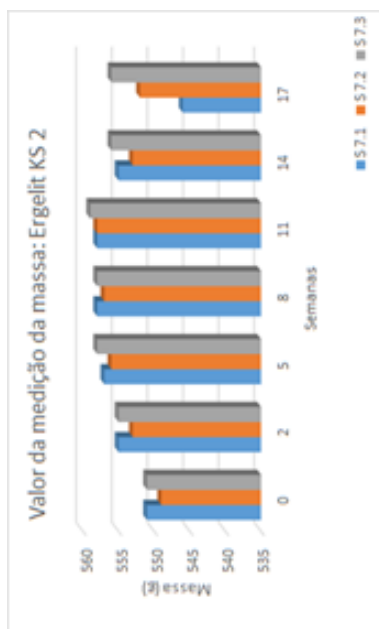


Gráfico 6.13 – Pesagem dos provetes: sistema S.5

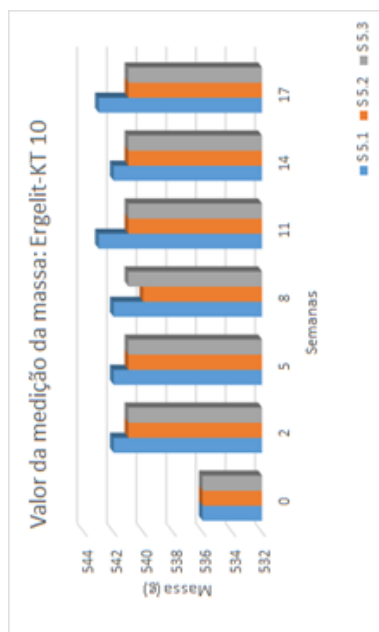
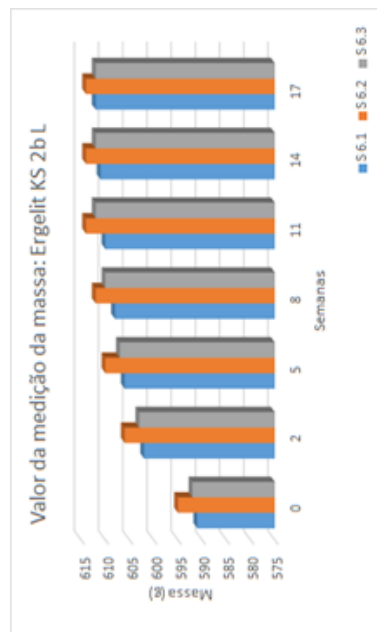


Gráfico 6.14 – Pesagem dos provetes: sistema S.6



Através da análise dos resultados para a determinação da massa dos vários provetes constata-se que, em quase todos os casos (a exceção é o sistema S.2), existe uma fase inicial em que a massa aumenta. Este facto parece indicar que, durante esta fase inicial, os provetes absorvem água até atingirem o estado de saturação. A duração desta fase difere de sistema para sistema o que, sendo válida a hipótese anteriormente formulada, mostra que o grau de impermeabilidade não é igual em todos os sistemas. Verifica-se que para o sistema S.1 e S.4 foram necessárias cinco semanas para que fossem atingidos os valores máximos de massa. Para o sistema S.7 esta fase durou oito semanas, enquanto que para os sistemas S.2, S.3, S.5 e S.6, foram necessárias onze semanas para que fossem atingidos os máximos valores da massa. Os provetes do sistema S.2 mantiveram as suas massas sensivelmente constantes ao longo do ensaio (indício de perfeita impermeabilização).



Alguns dos sistemas evidenciam, nas últimas semanas do ensaio, uma tendência de decréscimo da massa (sistema S.1, S.4 e S.7). Esta tendência é indício preocupante, já que poderá dever-se aos primeiros estádios do processo de desagregação da argamassa.

Foram elaborados sete gráficos (Gráfico 6.16 ao Gráfico 6.22) com o objetivo de evidenciar os processos de diminuição da massa dos provetes. Como referência foi tomada o peso máximo dos provetes de cada sistema. Os valores estão apresentados em percentagem do peso de referência.

Para determinação da variação de massa dos provetes foi utilizada a equação 6.1 (Look e Book, [s.d.]).

$$\text{Redução de massa (\%)} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad 6.1$$

Gráfico 6.16 – Redução de massa: sistema S.1

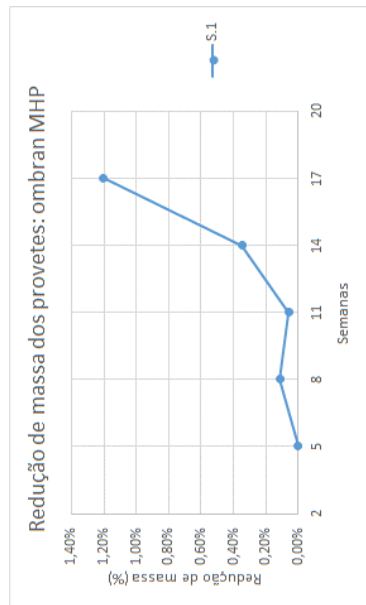


Gráfico 6.17 – Redução de massa: sistema S.2

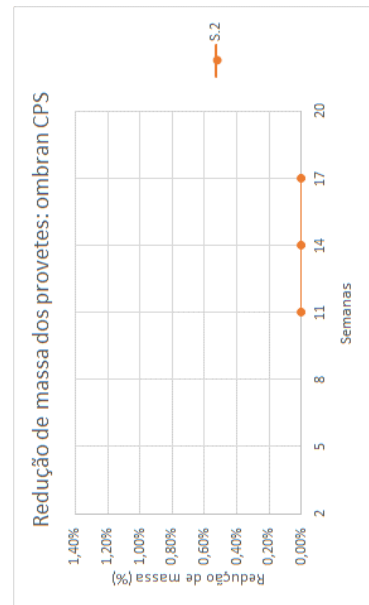


Gráfico 6.18 – Redução de massa: sistema S.3

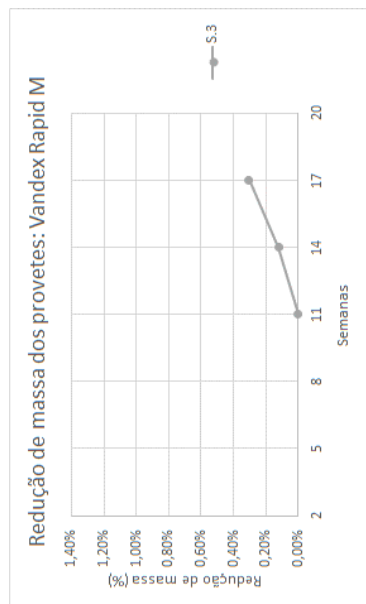


Gráfico 6.19 – Redução de massa: sistema S.4

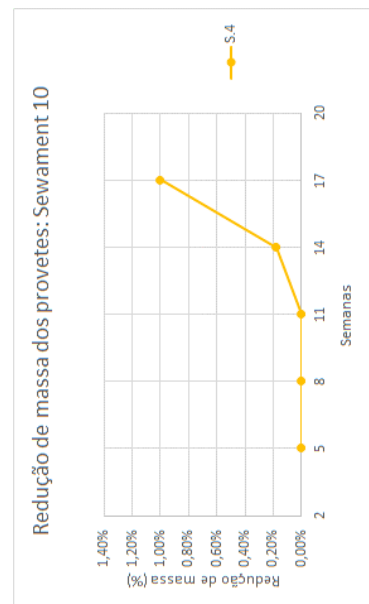


Gráfico 6.20 – Redução de massa: sistema S.5

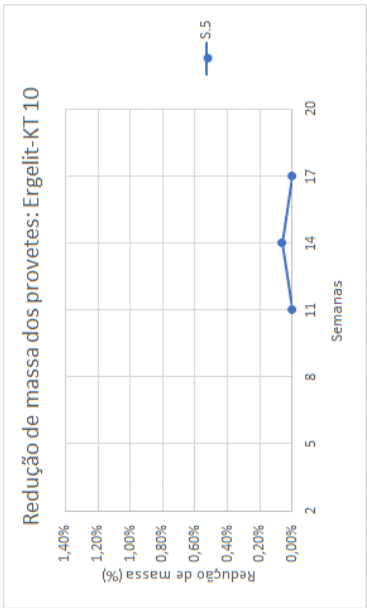


Gráfico 6.21 – Redução de massa: sistema S.6

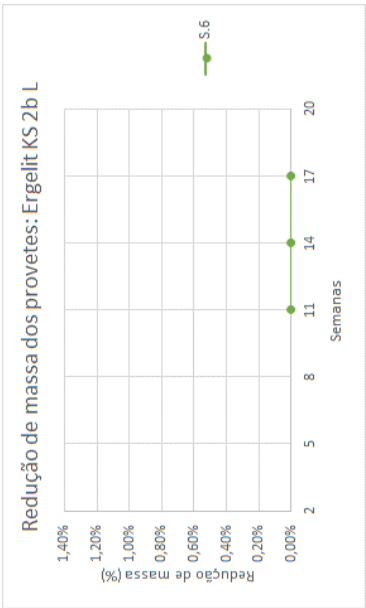
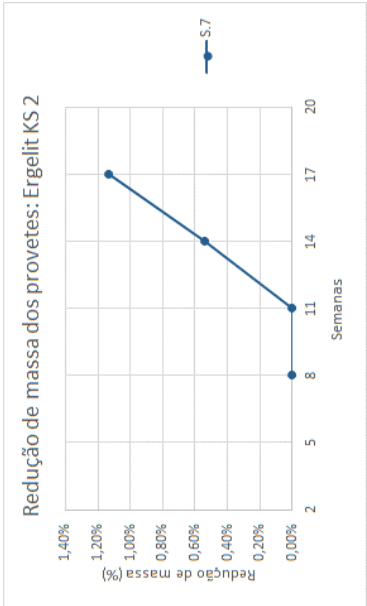


Gráfico 6.22 – Redução de massa: sistema S.7



Analisando os resultados obtidos, conclui-se que os sistemas S.2, S.5 e S.6 não apresentam diminuição de massa. Os sistemas S.1, S.4 e S.7 foram os que apresentaram uma maior perda de massa.

### 6.6.3 Observação visual

A Figura 6.22 diz respeito ao início da realização do ensaio. Nela são apresentados os provetes que foram testados, imediatamente antes de serem, pela primeira vez, mergulhados no efluente.



a) Sistemas: S.1, S.2 e S.3



b) Sistemas: S.4, S.5 e S.6



c) Sistemas S.6 e S.7

Figura 6.22 – Início do ensaio

A Figura 6.23 diz respeito à quinta semana de ensaio. É possível observar que os provetes apresentam alguma sujidade, não apresentando ainda sinais evidentes de degradação.



a) Lavagem dos provetes



b) Estado dos provetes: Conjunto 1



c) Estado dos provetes: Conjunto 2



d) Medição de pH

Figura 6.23 – Quinta semana de ensaio

A Figura 6.24 diz respeito à oitava semana de ensaio. Para além da sujidade, alguns provetes apresentavam já alguma perda de material, tal como está assinalado no provete S.1.3.



a) Estado dos provetes: Sistema S.1



b) Estado dos provetes: Sistema S.7



c) Estado dos provetes: Sistema S.3 e S.5

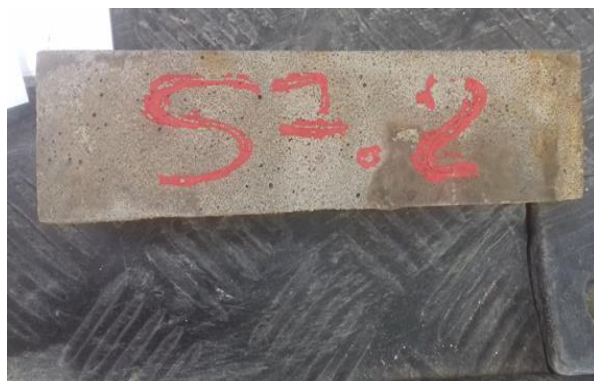
Figura 6.24 – Oitava semana de ensaio



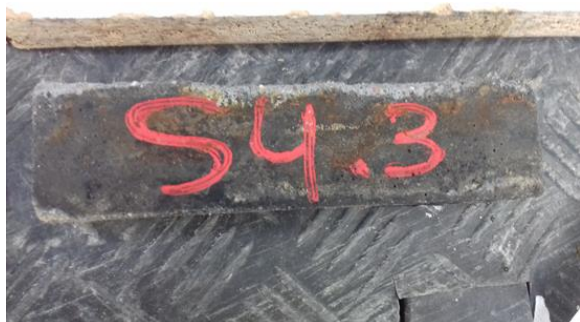
A Figura 6.25 diz respeito à décima quarta semana de ensaio. Já é possível verificar que houve uma clara perda da leitada superficial de cimento, encontrando-se o agregado à vista em todos os provetes. Destaca-se o provete S.4.3, por ser aquele que apresentou uma maior degradação, com evidente perda de material na zona das arestas – ver imagens c) e d).



a) Agregado à vista: Sistema S.1 e S.4



b) Agregado à vista: Sistema S.7



c) Perda de material: Provede S.4.3



d) Perda de material: Verso do provede S.4.3

Figura 6.25 – Décima quarta semana de ensaio

A Figura 6.26 diz respeito à décima sétima semana de ensaio. Já é possível observar, em todos os provetes, sinais de degradação. O provete S.4.3 continua a ser o provete mais degradado e o provete S.5.2 começa a dar sinais de degradação significativa.



a) Estado dos provetes: Conjunto 1



b) Estado do provete S.5.2



c) Estado do provete S.4.3



d) Verso do provete S.4.3



e) Estado dos provetes: Conjunto 2



f) Estado dos provetes: Conjunto 3

Figura 6.26 – Décima sétima semana de ensaio: Final do ensaio



#### 6.6.4 Análise qualitativa dos resultados

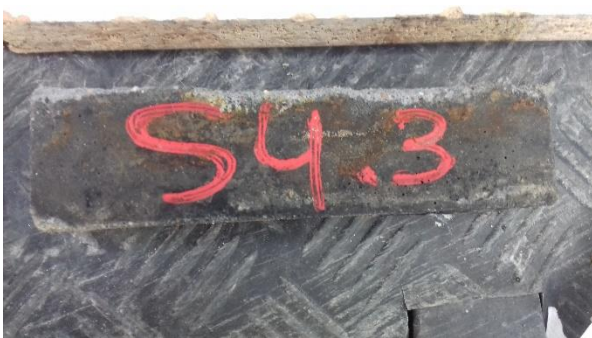
Dos resultados analisados e que se podem verificar nos gráficos dos subcapítulos 6.6.1 e 6.6.2 os provetes que no final do estudo apresentaram um melhor comportamento no que respeita à perda de massa, foram os que integraram os sistemas S.2, S.5 e S.6 e os que apresentaram piores resultados foram os sistemas S.1, S.4 e S.7. Relativamente ao pH, todos eles apresentaram uma diminuição na fase inicial, tendo a partir da segunda semana do estudo estabilizado o seu valor. A observação visual demonstra que houve degradação na maioria dos provetes, sendo que os que ficaram mais degradados foram os provetes S.1.3, S.3.1, S.4.3 e S.5.2, conforme se pode observar na Figura 6.27. Esta observação não pode ser tomada em conta isoladamente, dado que por cada sistema existem três provetes e a sua média é que fornece o resultado evidenciado anteriormente.



a) Provede S.1.3



b) Provede S.3.1



c) Provede S.4.3



d) Provede S.5.2

Figura 6.27 – Observação visual dos provetes



## CAPÍTULO 7

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 7.1 CONCLUSÃO

Após a realização deste estágio é possível chegar a algumas conclusões sobre o tema de estudo: “Reabilitação de Betões em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais”.

No decorrer do estágio foi possível ter uma melhor percepção sobre a degradação dos betões presentes nos sistemas de drenagem de águas residuais. Foi possível identificar quais as causas da degradação do betão e quais os métodos a utilizar para identificar as patologias.

No que diz respeito aos materiais a aplicar na reabilitação dos betões, estes devem obedecer a uma série de especificações normativas que constam na norma NP EN 1504.

Através do caso de estudo foi possível tomar conhecimento de quais as patologias mais comuns em caixas de visita e qual a forma de intervir nestes órgãos. Após contacto com vários representantes das marcas em estudo foi possível seleccionar os materiais mais adequados a aplicar na reabilitação de caixas de visita, sendo posteriormente realizada uma estimativa de custo para o processo de reabilitação. Nesta estimativa de custo, para além do custo dos materiais teve-se também em consideração o custo para estaleiro e infraestruturas provisórias. Através da análise dos valores obtidos, é possível concluir que para a reabilitação de órgãos em que o meio é de elevada agressividade e exige a colocação de materiais mais resistentes, o custo da solução duplica.

Relativamente ao estudo experimental de revestimentos em argamassas, o tempo de estudo foi insuficiente, pois apesar de ter existido alguma degradação por parte dos provetes, esta não permitiu tirar grandes conclusões sobre o real comportamento dos mesmos, visto nesta fase ainda não ser possível indicar qual o melhor sistema.

Em suma, este estágio proporcionou adquirir novos conhecimentos, o que enriqueceu o percurso académico. O contacto, não só com a entidade de acolhimento, mas também com entidades prestadoras de serviços de reparação/manutenção, foi uma experiência enriquecedora que, certamente, se revelará determinante para o futuro profissional da autora.

## 7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No que respeita a desenvolvimentos futuros deste estudo, a autora sugere que eles se façam segundo a duas linhas de ação que se apresentam de seguida:

### A. Obtenção de custos de reabilitação

Deverá ser significativamente aumentada a dimensão da amostra (a que foi usada neste estágio apenas contava com três orçamentos)

A amostra deverá ser desagregada em categorias, de modo a que, em cada categoria, as empreitadas sejam comparáveis em termos de condicionantes, riscos, dimensão, etc. Desta forma se procurará que, em cada categoria, a mostra seja representativa de uma mesma realidade.

### B. Estudo experimental de revestimentos

Deverá ser alargada significativamente a duração do ensaio de campo (para, no mínimo, 1 ano). Desta forma será possível acomodar as variações das condições ambientais provocadas pela meteorologia e, também, detetar eventuais acelerações ou retardamentos dos processos químicos em jogo.

O ensaio deverá ser alargado aos revestimentos em epóxi e em poliureia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Tiago - Apontamentos da Unidade Curricular de Hidráulica Aplicada. 2015.

ÁGUAS DO NOROESTE - Procedimento geral para a utilização do kit dedicado à reparação de interiores de caixa de visita de saneamento. [s.d.].

ÁGUAS DO NORTE - Ega-ar0194 - Empreitada de Reabilitação das Caixas de Visita do Intercetor do Horto (V.N. de gaia): Caderno de Encargos e Especificações Técnicas. 2016.

ALMEIDA, Maria; CARDOSO, Maria - Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais : Uma abordagem centrada na reabilitação. Lisboa : Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2010. ISBN 978-989-8360-05-2.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS - Sulfide in Wastewater Collection and Treatment Systems. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 69, United States. 1989.

BENTO, Gonçalo; VINAGRE, Vítor; GONÇALVES, Humberto - Revestimento e Proteção Química do Betão em Infra-Estruturas de Saneamento com Ambientes Agressivos. [s.d.].

CATARINO, Rita - Reabilitação de Superfícies de Betão Aparente. Porto: [s.n.], 2010. Tese de Mestrado.

COITO, Mariana - Avaliação da formação de sulfuretos e parâmetros de qualidade no sistema elevatório de lamas da ETAR da Guia. Lisboa : [s.n.], 2014. Tese de Mestrado.

Fenolftaleína – Wikipédia, a enciclopédia livre - [Em linha] [Consult. 10 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Fenolftale%C3%ADna>>.

FERREIRA, Joana - Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Porto : [s.n.], 2010. Tese de Mestrado.

Injeção de Poliuretano – PGG – Surpreendendo a cada novo desafio - [Em linha] [Consult. 25 set. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.pires.com/injecao-de-poliuretano/>>.

Injeção de Resina Epóxi – PGG – Surpreendendo a cada novo desafio - [Em linha] [Consult. 25 set. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.pires.com/injecao-de-resina-epoxi/>>.

INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - Rugosidade - Desvios na forma dos perfis de superfície [Em linha], atual. 2014. [Consult. 11 out. 2017]. Disponível em

WWW:<URL:http://www1.ipq.pt/PT/Metrologia/Materiais%20Didaticos/Rugosidade%20-%20desvios%20na%20forma%20dos%20perfis%20de%20superf%C3%ADcie.pdf>.

LOOK, C.; BOOK, Prof.Dr. E. - Relatório sobre «Corrosão de materiais cimentícios através do ataque de ácido sulfúrico e ataque biológico» do produto Sewament 10 da Mapei. Hamburgo : Universidade de Hamburgo Instituto de Botânica, Departamento de Microbiologia, [s.d.]

LUÍSA - FÍSICA Y QUÍMICA 3º Y 4º DE ESO: abril 2014 [Em linha], atual. 2014. [Consult. 11 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://fisicayquimicadominicas.blogspot.pt/2014/04/>.

MAPEI - Reabilitação sistemas de saneamento [Em linha], atual. 2017. [Consult. 10 out. 2017]. Disponível em  
WWW:<URL:http://www.mapei.com/public/PT/menu/QT%20reabilitacao%20sistemas%20de%20saneamento\_pt\_low.pdf>.

MATOS, Miguel - Gás Sulfídrico nas Redes de Águas Residuais. Porto : [s.n.], 2012. Tese de Mestrado.

MC-BAUCHEMIE - Protecção & Reparação de Estruturas de Betão em Contacto com Água Residual. 2017).  
medidores de ph - Pesquisa Google - [Em linha] [Consult. 21 out. 2017]. Disponível em  
WWW:<URL:https://www.google.pt/search?q=medidores+de+ph&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjcop6q2IHXAhUGOxQKHZzBBIYQ\_AUICigB&biw=1366&bih=659#imgrc=F8TdWJPrGbhBzM:>.

NP EN 196-1. 2006 - Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-1. 2006, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 1: Definições. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-2. 2006, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 2: Sistemas de protecção superficial do betão. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-3. 2006, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 3: Reparação estrutural e não estrutural. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-4. 2006, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 4: Colagem estrutural. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-5. 2014, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 5: Injecção do betão. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-6. 2008, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 6: Ancoragem de armaduras de aço. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-7. 2008, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 7: Protecção contra a corrosão das armaduras. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-8. 2006, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 8: Controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-9. 2009, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 9: Princípios gerais para a utilização de produtos e sistemas. Bruxelas : European Standard, CEN.

NP EN 1504-10. 2008, Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 10: Aplicação de produtos e sistemas e controlo da qualidade da obra. Bruxelas : European Standard, CEN.

OZ, Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. - Determinação da profundidade de carbonatação de betões, argamassas ou outros materiais cimentícios [Em linha] [Consult. 10 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20029.pdf>.

PERDIGÃO, Raul - Impermeabilização de Construções: Soluções Tecnológicas e Critérios de Selecção. Lisboa : [s.n.], 2007. Tese de Mestrado.

PINA, Francisco - Resistência à carbonatação de argamassas de reparação para estruturas em betão armado: Estudo de argamassas cimentícias e cimentícias modificadas com polímeros. Lisboa : [s.n.], 2009. Tese de Mestrado.

REDECOR - Injecção de Resinas [Em linha], atual. 2017. [Consult. 21 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://www.redecor.pt/PT/servicos/Injec%C3%A3o/Inje%C3%A7%C3%A3o/>.

REDECOR - Ficha técnica: Vandex Rápido M. [s.d.]).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REDNER, John *et al.* - EVALUATION OF PROTECTIVE COATINGS FOR CONCRETE [Em linha], atual. 2004. [Consult. 10 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://impactpolymer.com/wp-content/uploads/2016/10/Redner-report-Impact-Polymer.pdf>>.

SHIRAKAWA, Marcia - ESTUDO DA BIODETERIORAÇÃO DO CONCRETO POR *Thiobacillus*. São Paulo : [s.n.]. Tese de Mestrado.

SIMDOURO - [Em linha], atual. 2017. [Consult. 10 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.simdouro.pt/home.php>>.

SIMDOURO – SANEAMENTO DO GRANDE PORTO, S.A - Sistema multimunicipal de saneamento do grande Porto: Anexo 1- Projeto global de saneamento. 2017).

SMITH, L. - The basics of dehumidification, Applicator Training Bulletin, Ph.D., Corrosion Control Consultants and Labs, Inc., Glen Burnie, Maryland, USA. Journal of Protective Coatings & Linings, PCE. 2002).

SOLCIA, Renata - Remoção de H<sub>2</sub>S de ar por *Thiobacillus denitrificans* utilizando biofiltro percolador. São Paulo : [s.n.], 2011. Tese de Mestrado.

SOUSA, José - Inspeção e Reabilitação de Estruturas Segundo a NP EN 1504 : Caso de Obra. Porto : [s.n.], 2011. Tese de Mestrado.

Stop leaks fast with the ‘water stopper’ Vandex Plug from Safeguard – BFM Magazine - [Em linha] [Consult. 11 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.bfmmagazine.co.uk/stop-leaks-fast-with-the-water-stopper-vandex-plug-from-safeguard/>>.

thiobacillus - Pesquisa Google - [Em linha] [Consult. 21 out. 2017]. Disponível em WWW:<URL:[https://www.google.pt/search?q=thiobacillus&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwih0o322YHXAhXGuBQKHcgCB4kQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=659#imgsrc=ttKA5VRP63eIDM:>](https://www.google.pt/search?q=thiobacillus&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwih0o322YHXAhXGuBQKHcgCB4kQ_AUICigB&biw=1366&bih=659#imgsrc=ttKA5VRP63eIDM:>)>.

VETTER - Técnica de comprobación, obturación y saneamiento

## **ANEXO 1 – PRODUTOS PARA REPARAÇÃO/PROTEÇÃO DO BETÃO**

Nas cinco tabelas que se seguem (Tabela A 1. 1 à Tabela A 1. 5) são apresentados vários produtos, das marcas já referidas, que podem ser utilizados na reabilitação de betões em sistemas de drenagem de águas residuais.



Tabela A 1. 1 – Produtos de base cimentícia para reparação do betão

Marca	MC-BAUCHEMIE	SIKA		REDECOR		HERMES QI TECHNOLOGIE	
Nome do produto	ombran R	Sikagard-720 EpoCem	SikaMonoTop-412 S	VANDEX RAPID XL	VANDEX POLYCEM Z MORTAR	StoCrete TG 252	StoCrete TG 254
Descrição	Argamassa de cura rápida	Micro argamassa de regularização de base epóxi-cimento	Argamassa de reparação estrutural	Argamassa de reparação de cura rápida	Argamassa cimentícia de reparação à base de polímeros modificados para águas residuais	Argamassa mineral de reparação, alta resistência a sulfatos	Argamassa de reparação, resistente a sulfatos, de plástico modificado, à base de cimento
Propriedades	Base mineral monocomponente. Rápido desenvolvimento de resistência. Permite a difusão do vapor de água. Rápido desenvolvimento de resistência ao impacto da água	Micro argamassa de três componentes com ligante de cimento modificado com epóxi. Excelente proteção do betão em ambientes agressivos. Boa resistência química. Fácil e rápida aplicação. Impermeável à água.	Argamassa de reparação estrutural, monocomponente, reforçada com fibras, com baixa retração. Resistente aos sulfatos. Excelente aderência à base. Baixa permeabilidade aos cloretos	Produto à base de cimento, é uma argamassa de enchimento e reperfilamento que solidifica rapidamente de baixa retração. Grande resistência mecânica e à abrasão. Resistente ao esgoto doméstico	Produto à base de cimento de dois componentes. Resistente a esgotos agressivos	Substituto do betão com cimento enriquecido com polímeros. Resistente a águas com ácido sulfúrico, amónio e sulfatos na sua composição	Substituto do betão com cimento enriquecido com polímeros. Resistente a águas com ácido sulfúrico, amónio e sulfatos na sua composição
Campos de aplicação	Reparação parcial e reperfilamento de estruturas danificadas. Fechamento de juntas. Reparação de vazios.	Adequado para controlo da humidade. Como tapa poros em trabalhos de reperfilamento e nivelamento do betão.	Reparação de betão degradado. Aumento do recobrimento com argamassa adicional e restauro do betão contaminado ou carbonatado	Adequada para reparação e reperfilamento do betão. Concebida para uso em esgotos	Camada de regularização e reforço da impermeabilização final. Usado em esgotos, estações elevatórias, ETAR	Como substituto do betão para reparação de estruturas de suporte em betão. Para águas muito agressivas. Aplicado sobre betão armado	Como substituto do betão para reparação de estruturas de suporte em betão. Para águas muito agressivas. Aplicado sobre betão armado
Tempo de cura	72 horas no mínimo	Aprox. 7 dias	-	2 horas	5 dias	5 dias	3 dias
Tempo para início de serviço	3 horas	-	-	1 hora	-	-	-
Modo de aplicação	Manualmente	Manualmente	Manualmente ou por projeção	Manualmente	Manualmente ou por projeção	Manualmente	Manualmente
pH do efluente/ atmosfera	-	-	-	-	-	-	-
Tempo para aplicação	Aprox 7 min	Aprox. 40 min	45 min	Aprox. 60 min	Aprox. 45 min	Aprox. 60 min	Aprox. 60 min
Temperatura do substrato	+5°C a +30°C	+8°C a +30°C	+5°C a +30°C	> +5 °C	> +5 °C	+5°C a +35°C	+5°C a +35°C
Rendimento	1,7 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,9 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm
Espessura recomendada	30 mm máx	0,5 a 3 mm	6 a 50 mm	100 mm máx	6 a 12 mm, por camada	6 a 30 mm, por camada	12 a 50 mm, por camada
Resistência à compressão MPa	37,0	46,90	54,0	50,0	-	58,0	58,0
Resistência à tração por flexão MPa	7,50	6,4	9,0	8,5	-	10	10
Observações	Normalmente aplicado para realizar enchimentos. Se forem aplicados revestimentos adicionais, estes devem ser aplicados fresco-no-fresco, não devendo ser utilizados agentes de cura com um efeito separador.	Permite que a humidade da base decresça para valores inferiores a 4 %. Aplicar o produto seguinte após 24 horas. Ideal para preparar o substrato para posterior aplicação de epóxi. Apesar do seu pouco poder de reperfilamento, pode ser usado para regularizar superfícies em pequenas espessuras.	Não aplicar sob luz solar direta e/ou com vento forte. Quando aplicado manualmente pressionar bem a argamassa de reparação sobre a base	Após endurecimento inicial passar rapidamente uma talocha para aumentar a rugosidade, para aderência das camadas posteriores	Aplicar a segunda camada enquanto a primeira ainda se encontra húmida. O tempo entre camadas depende da temperatura	Necessário fazer cura húmida de 5 dias	Necessário fazer cura húmida de 5 dias

Tabela A 1. 2 – Produtos de base cimentícia para proteção do betão

Marca	MC-BAUCHEMIE				REDECOR			
Nome do produto	ombran CPS	MC-RIM PROTECT	MC-RIM PROTECT-H	MC-RIM PROTECT-MR	VANDEX POLYCEM Z	VANDEX RAPID M	VANDEX BB 75 Z	VANDEX CEMELAST Z
Descrição	Sistema de revestimento de silicato híbrido para caixas de visita expostas à corrosão por ácido sulfúrico biogénico	Revestimento de proteção de superfície para estruturas em contacto com águas residuais, reforçado com fibras e altamente resistente a sulfatos	Revestimento de proteção de superfície, altamente resistente a sulfatos, para aplicar em superfícies horizontais de estruturas em contacto com águas residuais	Revestimento de proteção de superfície, reforçado com fibras e altamente resistente a sulfatos, para áreas sujeitas a stress mecânico em águas residuais	Argamassa cimentícia de proteção à base de polímeros modificados para águas residuais	Argamassa de impermeabilização e reparação rápida	Argamassa de impermeabilização para águas residuais	Argamassa de impermeabilização flexível para águas residuais
Propriedades	Sistema de revestimento com elevada resistência mecânica quando curado. Altamente resistente a químicos. Boa aderência em substratos minerais. Resistente à corrosão por ácido sulfúrico biogénico	Monocomponente, base mineral, modificado com polímeros. Resistente ao contacto permanente com água e a cloretos. Aberto à difusão de vapor de água, impermeável à água	Monocomponente, base mineral, modificado com polímeros. Resistente à temperatura, ao gelo e aos sais de degelo. Resistente ao contacto permanente com água e a cloretos. Aberto à difusão de vapor de água, impermeável à água	Monocomponente, base mineral, modificado com polímeros. Altamente resistente à abrasão. Abeto à difusão de vapor, impermeável à água, à prova de cloretos	Base cimentícia, de dois componentes, polímeros modificados. Adequado para ambientes expostos a sulfatos. Resistente a alto desgaste mecânico e abrasivo	Argamassa de base cimentícia, pronta a ser usada resistente à água e humidade. É impermeável a uma espessura de 10 mm, sendo permeável ao vapor. Processo de solidificação rápido	Produto de impermeabilização à base de cimento. Permeável ao vapor de água. Resistente aos sulfatos	Produto à base de cimento de dois componentes. Com propriedades hidrofóbicas, resistente à água e humidade e aos sulfatos. Proporciona um revestimento elástico. Adequado para áreas com potencial fissuração
Campos de aplicação	Caixas de visita de esgotos expostas à corrosão por ácido sulfúrico biogénico. Poços de bombagem de águas residuais domésticas. Não aplicável em superfícies expostas ao clima	Proteção de estruturas de betão em contacto com águas residuais	Adequado para aplicar em áreas horizontais ou ligeiramente inclinadas. Reparação de defeitos parciais.	Proteção de superfícies de betão e elementos de betão pré-esforçado em contacto com águas residuais	Camada protetora para aplicação horizontal ou vertical. Camada de impermeabilização e de proteção de superfícies. Aplicar em estruturas de tratamento de águas residuais, esgotos	Concebida para uso em esgotos e caixas de visita, em superfícies horizontais e verticais.	Revestimento de impermeabilização e proteção de estruturas de esgotos, estações elevatórias, caixas de visita, bacias de decantação, ETAR, reparadores abertos e canais abertos	Impermeabilização e proteção contra água e humidade. Utilizado para colmatar fissuras e áreas de potencial fissuração. Revestimento de estruturas de tratamento e transporte de águas residuais, estações elevatórias
Tempo de cura	72 horas	5 dias	5 dias	5 dias	3 a 5 dias	1 hora	5 dias	-
Tempo para início de serviço	Aprox 24 horas	-	-	-	-	1 hora	-	-
Modo de aplicação	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção
pH do efluente/ atmosfera	0 a 14	3,35 a 14	3,5 a 14	3,35 a 14	-	-	-	9 a 10
Tempo para aplicação	Aprox 30 min	45 min máximo	45 min máximo	30 min	Aprox. 30 min	Aprox. 30 min	45 min	-
Temperatura do substrato	+10°C a +25 °C	+5°C a +35°C	+5°C a +35°C	+5°C a +35°C	> 5 °C	> 5 °C	> +5 °C	> +5 °C
Rendimento	1,5 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,72 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,99 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,75 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	3,5 Kg/m <sup>2</sup>
Espessura recomendada	> 4 mm	15 mm máx	60 mm máx	15 mm máx	3 a 5 mm, por camada	6 a 12 mm	2 mm, por camada	2 a 3 mm
Resistência à compressão MPa	-	44,40	56,20	45,60	-	36,5	40,0	-
Resistência à tração por flexão MPa	-	7,00	9,50	7,20	-	5,5	6,0	-
Observações	Não é permitida a mistura dos produtos de forma manual ou em quantidades parciais. Durante o período de cura a temperatura ambiente e do substrato deve situar-se entre os +10 °C e +25 °C, com uma humidade relativa ≤ 80 %	Para se obter uma matriz de revestimento densa é necessário aplicar o produto em 2 a 3 etapas. Tempo de cura elevado	Todas as juntas da subestruturas devem ser transferidas para o revestimento de superfície. Para as ligações chão - parede permanentemente expostas à água, deve fazer-se um rodapé	Não é permitida uma mistura manual ou a preparação de quantidades parciais. Para se obter uma matriz de revestimento densa é necessário aplicar o produto em 2 a 3 etapas	Aplicar mais de uma camada. A segunda camada deve ser aplicada enquanto a primeira se encontra fresca. O tempo entre camadas depende das condições climáticas, como humidade e temperatura	Após endurecimento inicial passar rapidamente uma talocha para aumentar a rugosidade, para aderência das camadas posteriores	Aplicar a segunda camada enquanto a primeira ainda estiver húmida. O tempo entre camadas depende das condições climáticas do local.	Aplicar a segunda camada enquanto anterior ainda está fresca. Deve deixar 2 a 4 horas entre camadas. A camada posterior poderá ser aplicada até 3 dias após a aplicação da camada anterior

Tabela A 1. 3 – Produtos de base cimentícia para reparação e proteção de betão: Sistema 2-em-1

Marca	MC-BAUCHEMIE		REDECOR		HERMES QI TECHNOLOGIE				MAPEI	
Nome do produto	ombran MHP	ombran MHP15	VANDEX RAPID M	VANDEX UNI MORTAR 1 Z	ERGELIT-KT 10	ERGELIT-KT 40	Ergelit KS 2b L	Ergelit KS2	Sewament 10	Sewament 40
Descrição	Argamassa altamente resistente a sulfatos, para revestimento e reperfilamento de estruturas em sistemas de esgotos	Argamassa altamente resistente a sulfatos, para revestimento e reperfilamento de estruturas em sistemas de esgotos	Argamassa de impermeabilização e reparação rápida	Argamassa de reparação e impermeabilização para águas residuais	Argamassa para revestimento de proteção anti corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contacto com águas agressivas residuais	Argamassa para reparação e revestimento de proteção anti corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contacto com águas residuais	Argamassa para revestimento de proteção anti corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contato com H <sub>2</sub> S	Argamassa para revestimento de proteção anti corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contacto com águas	Argamassa cimentícia monocomponente fibrorreforçada para a reparação e proteção de sistemas de esgotos	Argamassa cimentícia monocomponente fibrorreforçada, de presa e endurecimento rápidos, para a reabilitação e proteção antiácida de sistemas de saneamento e condutas de esgotos
Propriedades	Base cimentícia monocomponente modificada com polímeros isenta de aluminato tricálcico. Impermeável à água. Resistente a ataques muito agressivos de sulfatos. Resistente à abrasão	Base cimentícia, monocomponente, modificada com polímeros, isenta de aluminato tricálcico. Impermeável à água. Resistente a ataques muito agressivos de sulfatos. Altamente resistente à abrasão	Argamassa de base cimentícia, pronta a ser usada resistente à água e humidade. É impermeável a uma espessura de 10 mm, sendo permeável ao vapor. Processo de solidificação rápido	Argamassa cimentícia monocomponente. Resistente ao desgaste. Impermeável à água. É permeável ao vapor de água. Resistente a águas residuais domésticas. Resistente a sulfatos	Argamassa monocomponente inorgânica. Excelente adesão. Tempo e trabalhabilidade longo. Alta resistência a sulfatos e cloretos. Impermeável à água. Resistente a concentrações de H <sub>2</sub> S de 1 ppm constante e 10 ppm de pico	Argamassa monocomponente. Excelente adesão. Tempo de trabalhabilidade longo. Resistência a sulfatos. Impermeável a água. Resistente a concentrações de H <sub>2</sub> S de 1 ppm constante e 10 ppm de pico	Argamassa monocomponente. Excelente adesão. Alta resistência à abrasão. Impermeável à água. Resistente a concentrações de H <sub>2</sub> S de 150 ppm constante e 400 ppm de pico	Argamassa monocomponente. Impermeável à água. Consistência: plástica e tixotrópica. Alta resistência à abrasão. Alta resistência a sulfatos. Resistente a concentrações de H <sub>2</sub> S de 10 ppm constante e 40 ppm de pico	Argamassa de consistência tixotrópica, fácil de trabalhar, quer manualmente, quer por projeção. Resiste à agressão química produzida pelo ácido sulfúrico.	Resistente à agressão química produzida pelo ácido sulfúrico. Argamassa de consistência tixotrópica, fácil de trabalhar, quer manualmente, quer por projeção.
Campos de aplicação	Revestimento de caixas de visita em betão ou alvenaria, bem como coletores e esgotos. Reperfilamento de vazios e defeitos	Revestimento de caixas de visita em betão e alvenaria, bem como coletores de esgotos. Reperfilamento de vazios e defeitos. Ideal para elaboração de meias-canas	Concebida para uso em esgotos e caixas de visita, em superfícies horizontais e verticais.	Impermeabilização e proteção contra a água e humidade. Utilizada para impermeabilização, regularização e reperfilamento. Estruturas de transporte e tratamento de águas residuais	Usado em estruturas novas ou em reabilitação. Selagem de fissuras > 2 mm. Aplicação em condutas e caixas de visita. Aplicação como revestimento em água residual	Para estruturas novas ou reabilitação, aplicação em betão e alvenaria, selagem de fissuras > a 2 mm, aplicação em condutas, caixas de visita. Aplicação como revestimento em água residual	Para estruturas novas ou reabilitação, aplicação em betão e alvenaria. Depósitos e elementos pré-fabricados. Reparação de condutas	Proteção de estruturas contra efluente doméstico, que contenham sulfatos magnésio, óleos. Selagem de água em pressão em infraestruturas	Indicado para a reparação e revestimento de sistemas de esgotos degradados.	Reparação parcial e total em redes de esgotos em betão.
Tempo de cura	72 horas no mínimo	72 horas	1 hora	5 dias	5 dias	5 dias	6 a 24 horas	4 horas	24 horas	24 horas
Tempo para início de serviço	3 horas	1,5 horas	1 hora	-	24 horas	24 horas	6 a 24 horas	4 horas	3 a 7 dias	4 a 8 horas
Modo de aplicação	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção
pH do efluente/ atmosfera	≥ 3,5	≥ 3,5	-	-	3,5 a 14	3,6 a 14	2 a 14	3 a 12	-	-
Tempo para aplicação	Aprox. 30 min	Aprox. 15 min	Aprox. 30 min	45 min	Aprox. 60 min	Aprox. 60 min	60 min	30 min	45 min	Aprox. 15 min
Temperatura do substrato	+5°C a +30°C	+5°C a +30°C	> 5 °C	> +5 °C	-	-	-	-	+5°C a +30°C	+5°C a +30°C
Rendimento	1,9 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,9 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,0 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,1 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,1 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,1 Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,1 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,85 Kg/m <sup>2</sup> /mm	1,87 Kg/m <sup>2</sup> /mm
Espessura recomendada	50 mm máx	50 mm máx	6 a 12 mm	6 a 12 mm, por camada	máx 150 mm	máx 150 mm	máx 150 mm	máx 150 mm	20 mm máx, por camada	20 mm máx, por camada
Resistência à compressão MPa	40,0	50,5	36,5	45,0	50,0	45,0	50,0	40,0	> 35,0	> 40,0
Resistência à tração por flexão MPa	6,0	4,5	5,5	-	-	-	-	-	> 6,0	> 7,0
Observações	Se for aplicado algum sistema a seguir, a superfície da última camada de ombran MPH deverá ser tornada rugosa	Se for aplicado algum sistema a seguir, a superfície da última camada de ombran MPH15 deverá ser tornada rugosa	Após endurecimento inicial passar rapidamente uma talocha para aumentar a rugosidade, para aderência das camadas posteriores	Aplicação das camadas seguintes enquanto a anterior ainda está fresca. O tempo entre camadas depende da temperatura.	Deve ser aplicado diretamente no betão previamente humedecido, utilizar sistema de projeção. Necessário fazer cura húmida de 5 dias	Deve ser aplicado diretamente no betão previamente humedecido, utilizar sistema de projeção. Necessário fazer cura húmida de 5 dias	Quando utilizado para revestimento deve ser aplicado diretamente no betão previamente humedecido, utilizar sistema de projeção. Necessário fazer cura húmida de 5 dias	Quando utilizado para revestimento deve ser aplicado diretamente no betão previamente humedecido, utilizar sistema de projeção. Necessário fazer cura húmida de 5 dias	A camada seguinte é aplicada com a anterior ainda fresca	A camada seguinte é aplicada com a anterior ainda fresca

Tabela A 1. 4 – Produtos de base epóxi para proteção do betão

Marca	SIKA	
Nome do produto	Sikagard-63N PT	Sika Permacor 3326 EG-H
Descrição	Revestimento de proteção à base de resinas epóxi	Revestimento para aço e betão à base de epóxi com elevado teor de sólidos
Propriedades	Revestimento em dois componentes, isento de solventes, à base de resinas de epóxi. Muito boa resistência química e mecânica. Resistente a líquidos. Aplicação fácil	Revestimento de 2 componentes à base de epóxi com baixo teor de solventes Elevada resistência ao impacto e abrasão. Alta resistência a águas residuais agressivas. Capacidade ponte de fissuras até 3 mm.
Campos de aplicação	Material de revestimento, para elementos expostos a ambientes de média a elevada agressividade química	Revestimento interno de digestores de lamas, silos de compostagem e processamento de água, águas residuais
Tempo de cura	7 dias	7 dias
Tempo para início de serviço	7 dias	
Modo de aplicação	Manualmente ou por projeção	Manualmente ou por projeção
pH do efluente/ atmosfera	-	-
Tempo para aplicação	20 min	90 min
Temperatura do substrato	+10°C a + 30°C	+10 °C min
Rendimento	0,40 Kg/m <sup>2</sup>	0,633 Kg/m <sup>2</sup>
Espessura recomendada	-	-
Resistência à compressão MPa	-	-
Resistência à tração por flexão MPa	-	-
Observações	Antes de iniciar a aplicação confirmar o teor de humidade da base e humidade relativa.	Antes de uma área maior de aplicação de revestimento pode ser útil uma aplicação de teste no local para assegurar que a aplicação pelo método selecionado irá garantir o resultado pretendido

Tabela A 1. 5 – Produto de poliureia para proteção do betão

Marca	SIKA
Nome do produto	Sikalastic-844 XT
Descrição	Membrana líquida de alta resistência química a base de poliurea modificada
Propriedades	Membrana elástica de poliurea modificada, bicomponente de cura rápida, aplicada para ambientes com a presença de ácido sulfúrico biogénico. Boa resistência ao desgaste, impacto e abrasão
Campos de aplicação	Revestimento protetor do betão. Impermeabilização de estruturas de águas residuais
Tempo de cura	24 horas
Tempo para início de serviço	-
Modo de aplicação	Projeção
pH do efluente/ atmosfera	-
Tempo para aplicação	-
Temperatura do substrato	-15°C a +40°C
Rendimento	2,02 Kg/m <sup>2</sup> /mm
Espessura recomendada	-
Resistência à compressão MPa	-
Resistência à tração por flexão MPa	-
Observações	Recomenda-se o controlo da espessura recorrendo a um paquímetro. O produto deve ser aplicado com um equipamento de pulverização

## **ANEXO 2 – FICHAS TÉCNICAS**



# ombran MHP

Argamassa altamente resistente a sulfatos, para revestimento e reperfilamento de estruturas em sistemas de esgotos

## Propriedades

- Base cimentícia, mono-componente, modificada com polímeros, isenta de aluminato tricálcico (C<sub>3</sub>A)
- Impermeável à água, resistente à geada
- Pode suportar fortes cargas mecânicas
- Resistente a ataques muito agressivos de sulfatos
- Rapidamente capaz de ser exposto à água
- Adequado como sistema de revestimento de estruturas em contacto com águas residuais com pH ≥ 3,5
- Aprovação pela "General Building Supervision"

## Áreas de aplicação

- Revestimento de caixas de visita em betão e alvenaria, bem como colectores de esgotos (argamassa R3 de acordo com a DIN EN 1504-3)
- Reperfilamento de vazios e defeitos em caixas de visita e colectores de esgotos
- Nivelamento de superfícies em caixas de visita de alvenaria
- Elaboração de meias-canas
- REACH- Avaliação de cenários de exposição: inalação periódica, aplicação, contacto de longa duração com a água

## Aplicação

### Preparação do substrato

Consultar o folheto de "Conselhos Gerais de Aplicação de Argamassas de Reparação de Caixas de Visita e Colectores de Esgotos".

### Humedecimento / agente de ligação

Consultar o folheto de "Conselhos Gerais de Aplicação de Argamassas de Reparação de Caixas de Visita e Colectores de Esgotos". Deve usar-se o ombran HB como primário de aderência; devem respeitar-se as instruções da ficha técnica do ombran HB.

### Mistura

O reperfilamento mineral / revestimento consiste na argamassa seca ombran MHP e água. Utiliza-se a maior parte da água necessária adicionando-se a argamassa seca, agitando-se até ficar numa mistura homogénea e sem grumos. A água restante é usada para ajustar a consistência. O material pode ser misturado com um agitador duplo de baixa rotação ou com misturador "pug mil" ("pan mixer"). A mistura manual ou em quantidades parciais não é permitida. O tempo de mistura deve ser no mínimo de 3 minutos.

### Proporção de mistura

Por favor consulte a tabela de "Dados Técnicos". São necessários cerca de 3,4 a 3,6 litros de água para um saco de 25 kg de ombran MHP. Como se trata de um produto cimentício, a quantidade de água necessária pode variar.

### Aplicação

O ombran MHP deve ser aplicado fresco-no-fresco sobre o primário de aderência usando ferramentas adequadas (por exemplo ferramenta de alisamento em aço, talocha), e compactado. Se for requerido um revestimento de grande espessura, pode ser necessário aplicar o produto em várias camadas.

Se for para ser aplicado algum sistema a seguir, a superfície da última camada de ombran MHP deverá ser tornada rugosa (por exemplo, estruturada com uma escova de coco).

### Cura

Na cura, o ombran MHP deve ser protegido da perda excessiva de água pelo menos durante 72 horas (cura química, telas de juta, película plástica, etc.) Deve ser dada especial atenção aos efeitos relevantes da temperatura e do vento. Se forem aplicados revestimentos adicionais ou outros produtos, não devem ser utilizados agentes de cura com um efeito separador.

### Instruções de segurança

Observar os avisos de perigo e recomendações de segurança nos rótulos e nas fichas de segurança. GISCODE: ZP1.



## Dados técnicos – ombran MHP

Características	Unidades	Valores*	Comentários
Relação de mistura	p.p.p.	25 : 3,4 – 3,6	ombran MHP : água
Tempo de aplicação	minutos	Aprox. 30	-
Condições de aplicação	°C	+5 a +30	Temperatura do ar, do material e do substrato
Consumo**	kg/m <sup>2</sup> /mm	Aprox. 1,9	Argamassa seca
Espessura de camada	mm	6 - 25 50	Espessura mínima por etapa Espessura máxima total
Resistente à água após	horas	Aprox. 3	A +20°C
Granulometria	mm	2	-
Densidade de argamassa fresca	kg/l	Aprox. 2,16	-
Resistência à compressão	MPa	Aprox. 1,0 Aprox. 13,0 Aprox. 25,0 Aprox. 40,0	Após 3 horas Após 24 horas Após 7 dias Após 28 dias
Resistência à tracção por flexão	MPa	Aprox. 0,2 Aprox. 2,5 Aprox. 3,5 Aprox. 6,0	Após 3 horas Após 24 horas Após 7 dias Após 28 dias

## Características do produto ombran MHP

Cor	Cinzento
Embalagem	Sacos de 25 kg
Agente de limpeza	Água
Armazenamento	Se fechadas, as embalagens originais podem ser armazenadas durante pelo menos 1 ano a temperaturas entre +5°C e +25°C em condições secas. O mesmo se aplica ao transporte.
Eliminação de embalagens	As embalagens devem estar completamente vazias

\* Salvo indicação em contrário, todos os valores foram determinados a +23°C e a 50% de humidade relativa.

\*\* Os consumos dependem do objecto e da rugosidade do substrato assim como das temperaturas de armazenamento, de aplicação e do substrato. Recomendamos um ensaio antes de determinar quantidades específicas.

Nota: A informação desta ficha técnica é baseada nas nossas experiências e corresponde ao nosso melhor conhecimento. Não é, todavia, vinculativa. Ela deve ser ajustada à estrutura individual, ao propósito de aplicação, e especialmente às condições locais. A nossa informação refere-se às regras de engenharia aceites, que devem de ser observadas durante a aplicação. Somos responsáveis pela exactidão destes dados no âmbito dos nossos termos e condições de venda, entrega e serviço. Recomendações de nossos funcionários que difiram dos dados contidos nas nossas folhas de informação só são vinculativas se dadas por escrito. As regras de engenharia aceites devem ser observadas em todos os momentos.

Edição 10/15. Foram efectuadas algumas alterações técnicas a esta ficha. Edições mais antigas são inválidas e não podem ser usadas. Se for emitida uma nova edição revista tecnicamente, esta edição tornar-se-á inválida.

# ombran CPS

## Sistema de revestimento de silicato híbrido para caixas de visita expostas à corrosão por ácido sulfúrico biogénico

### Propriedades

- Sistema de revestimento de aplicação manual ou por projecção
- Elevada resistência mecânica quando curado
- Altamente resistente a químicos
- Boa aderência em substratos minerais (por exemplo, betão)
- Resistente à corrosão por ácido sulfúrico biogénico
- Aprovação pela "General Building Supervision"

### Áreas de aplicação

- Caixas de visita de esgotos expostas à corrosão por ácido sulfúrico biogénico
- Poços de bombagem de águas residuais domésticas expostos à corrosão por ácido sulfúrico biogénico
- Não aplicável em superfícies expostas ao clima
- REACH- Avaliação de cenários de exposição: inalação periódica, aplicação, contacto de longa duração com a água

### Aplicação

#### Preparação do substrato

Consulte o folheto "Conselhos Gerais de Aplicação de Sistemas de Revestimento de Silicato Híbrido".

#### Mistura

O ombran CPS-Harz (resina) e o ombran CPS-Härter (endurecedor) são misturados previamente com um misturador duplo de baixa rotação (max. 400 rpm) durante pelo menos 2 minutos até se alcançar uma massa homogénea. Posteriormente, adiciona-se o componente em pó do ombran CPS e mistura-se novamente com um misturador duplo de alta velocidade durante pelo menos 2 minutos. A mistura manual ou em quantidades parciais não é permitida. O ombran CPS não deve ser misturado com água.

#### Relação de mistura

Consulte a tabela de "Dados Técnicos". A preparação de 22 kg de produto final requer 6,8 kg de ombran CPS-Harz (resina), 4,2 kg de ombran CPS-Härter (endurecedor) e 11 kg de ombran CPS-Pulver (pó).

#### Aplicação (manual)

Aplicar o ombran CPS com uma talocha metálica ou de plástico sobre o substrato previamente preparado. Aplicar primeiro uma fina camada de regularização ("scratch coat") exercendo bastante pressão. Esta primeira camada reveste-se imediatamente, fresco-no-fresco, numa só etapa e de novo exercendo pressão, com uma camada de pelo menos 4 mm de espessura. As marcas da talocha devem ser imediatamente alisadas.

Dependendo da temperatura ambiente e do material, pode ser necessário esperar 5 minutos para maturação antes da aplicação

#### Aplicação (projecção)

Para utilizar um método de projecção, por favor solicite aconselhamento técnico e consulte o folheto "Plano de Equipamentos".

#### Cura

Durante a aplicação e nas 24 horas seguintes, o ombran CPS deve ser protegido da chuva, luz solar intensa e condensação. Durante este período, a temperatura ambiente e do substrato deve situar-se entre +10°C e +25°C. A humidade relativa não deve exceder os 80%.

#### Informação geral

A exposição aos raios UV pode causar alterações na cor que, normalmente, não afectam as propriedades e a utilização do revestimento.

#### Instruções de segurança

Observar os avisos de perigo e recomendações de segurança nos rótulos e nas fichas de segurança.



## Dados técnicos – ombran CPS

Características	Unidades	Valores*	Comentários
Relação de mistura	p.p.p.	30,9 19,1 50,0	ombran CPS-Harz (resina) ombran CPS-Härter (endurecedor) ombran CPS-Pulver (pó)
Tempo de aplicação	minutos	Aprox. 30	
Condições de aplicação	°C °C K	+10 a +25 > +15 3	Temperatura do ar e do substrato Temperatura do material Acima do <i>dew point</i> (ponto de condensação)
	%	Max. 80	Humidade relativa
Consumo**	kg/m <sup>2</sup> /mm	Aprox. 1,5	
Espessura de camada	mm	≥ 4	
Resistente à água após...	horas	Aprox. 24	

## Características do produto ombran CPS

Cor	Azul
Apresentação	ombran CPS-Harz (resina): lata de 6,8 kg ombran CPS-Härter (endurecedor): lata de 4,2 kg ombran CPS-Pulver (pó): balde de 11 kg
Limpeza do equipamento	MC-Reinigungsmittel U (MC-Cleaner U)
Armazenamento	Se fechadas, as embalagens originais podem ser armazenadas durante pelo menos 1 ano a temperaturas entre +5°C e +25°C e em condições secas. Excepção: ombran CPS-Harz (resina) pode ser armazenado por um período máximo de 6 meses. Os mesmos requisitos são aplicáveis ao transporte.
Eliminação de embalagens	As embalagens devem estar completamente vazias

\* Salvo indicação em contrário, todos os valores foram determinados a +23°C e a 50% de humidade relativa.


\*\* Os consumos dependem do objecto e da rugosidade do substrato assim como das temperaturas de armazenamento, de aplicação e do substrato. Recomendamos um ensaio antes de determinar quantidades específicas.

Nota: A informação desta ficha técnica é baseada nas nossas experiências e corresponde ao nosso melhor conhecimento. Não é, todavia, vinculativa. Ela deve ser ajustada à estrutura individual, ao propósito de aplicação, e especialmente às condições locais. A nossa informação refere-se às regras de engenharia aceites, que devem de ser observadas durante a aplicação. Somos responsáveis pela exactidão destes dados no âmbito dos nossos termos e condições de venda, entrega e serviço. Recomendações de nossos funcionários que difiram dos dados contidos nas nossas folhas de informação só são vinculativas se dadas por escrito. As regras de engenharia aceites devem ser observadas em todos os momentos.

Edição 07/15. Foram efectuadas algumas alterações técnicas a esta ficha. Edições mais antigas são inválidas e não podem ser usadas. Se for emitida uma nova edição revista tecnicamente, esta edição tornar-se-á inválida.

## ARGAMASSA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E REPARAÇÃO RÁPIDA

- Após 1 hora – resistente a carga
- Camada de espessura impermeável de 10 mm
- De aplicação horizontal e vertical
- Aprovado para o contato com água potável
- Concebido para uso em esgotos e caixas de visita

 0761	Resistência à compressão	Classe R3 ≥ 25 MPa
	Conteúdo de íons de cloreto	≤0,05%
Vandex Isoliermittel-GmbH Industriestrasse 19-23 DE-21493 Schwarzenbeck 14 210 En 1504-3:2005/ZA.1a CC argamassa de reparação para reparações estruturais (à base de cimento hidráulico)	Argamassa aderente	≥1,5 MPa
	Resistência à carbonatação	passado
	Módulo de elasticidade	≥20 GPa
	Compatibilidade térmica :	
	Parte 1: Congelamento com descongelamento em imersão de sal	≥2,0 MPa
	Parte 4-Ciclos térmicos secos	≥2,0 MPa
	Absorção capilar	≤0,5 kg/m <sup>2</sup> · h <sup>0,5</sup>
	Reacção ao fogo	classe A1
	Substâncias perigosas	em conformidade com 5.4

### DESCRIÇÃO DO PRODUTO

VANDEX RAPID M é uma argamassa cimentícia de reparação e impermeabilização, pronta a ser usada, resistente à água e humidade.

### ÁREAS DE APLICAÇÃO

VANDEX RAPID M é uma argamassa versátil de impermeabilização e reparação para aplicação em superfícies de betão ou alvenaria horizontais e verticais.

### PROPRIEDADES

Devido à sua composição de cimento, quartzo de granulométrica calibrada, ingredientes químicos especiais de natureza inorgânica VANDEX RAPID M é impermeável a uma espessura de 10 mm. É durável e resistente à geada após solidificar e ao mesmo tempo é permeável ao vapor. A resistência à compressão inicial e final do VANDEX RAPID M é excelente. O processo de solidificação é rápido. O VANDEX RAPID M fica resistente à carga após 1 hora (20° C / 65% Humidade relativa). VANDEX RAPID M é resistente aos esgotos domésticos.

### PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

O substrato deve estar são e limpo, a superfície deve estar isenta de chochos, fissuras ou sulcos. Betumes, óleos, gorduras, tintas, leitadas de cimento e betão fraco devem ser removidos por meios adequados (jato de água ou jato de areia).

O substrato deve ser humedecido mas não saturado da água na altura da aplicação. O excesso de água em superfícies horizontais deve ser removido.

### MISTURA

Misturar 25 kgs de VANDEX RAPID M, com 3 a 3.75 litros de água limpa, em recipiente limpo, durante pelo menos 3 minutos até alcançar uma consistência homogénea. Usar um misturador mecânico.

Se a mistura começar a solidificar não adicione água, basta remisturar novamente.

### APLICAÇÃO

Não aplicar a temperaturas abaixo de +5°C nem sobre substratos congelados.

VANDEX RAPID M é aplicado à talocha com uma camada de espessura de 6-12 mm (12-24 kg/m<sup>2</sup>). Após o endurecimento inicial, deverá ser rapidamente passada uma talocha, ou uma brocha, para aumentar a rugosidade da superfície, para aderência das camadas posteriores ou para aumentar a qualidade antiderrapante.

Não aplicar a temperaturas abaixo de +5°C nem sobre substratos congelados.

### CURA

Manter húmido e providenciar proteção adequada contra as condições climáticas extremas (chuva, sol, vento, geada) enquanto solidifica. Evite contacto com água corrente até 1 hora após a aplicação.

### CONSUMO

2 kg VANDEX RAPID M/m<sup>2</sup> são necessários para uma espessura de 1 mm.

### EMBALAGEM

Sacos de papel em PE com 25 kg

### ARMAZENAGEM

Até 12 meses em embalagem fechada e sem danos num local seco.

### SAÚDE E SEGURANÇA

VANDEX RAPID XL contém cimento.

Irritante para as vias respiratórias e para a pele. Risco de danos sérios para os olhos. Manter fora do alcance das crianças. Não respirar o pó. Evitar o contacto com a pele e com os olhos. Em caso de contacto com os olhos lavar imediatamente com água abundante e contactar aconselhamento médico. Usar luvas e proteções para a cara e olhos. Se engolido, procurar aconselhamento médico e mostrar a embalagem ou o rótulo. Para mais informações consulte a ficha de segurança em [www.vandex.com](http://www.vandex.com).

FICHA TÉCNICA		
Aparência		Pó
Cor		Cinzento
Densidade da argamassa	[kg/l]	aprox. 1,65
Tempo de secagem	[kg/l]	aprox. 15-30
Força de compressão	[N/mm <sup>2</sup> ]	1h: 0,5 3h: 5,0 1 dia: 23,5 28 dias 36,5 (armazenado em água)
Resistência à tração por flexão	[N/mm <sup>2</sup> ]	28 dias: 5,5
Força de aderência	[N/mm <sup>2</sup> ]	28 dias: >2,0
Todas estas características representam valores médios obtidos em laboratório. Na prática, as variações climáticas, como temperatura, humidade e porosidade do substrato podem afetar estes valores		

As informações contidas neste documento estão baseadas na nossa longa experiência e conhecimento. No entanto, não podemos oferecer nenhuma garantia, pois para um resultado positivo, todas as circunstâncias em cada caso devem ser levadas em consideração. Indicações de quantidades requeridas são médias, podendo em certos casos ser diferentes.

# Sewament 10

**Argamassa cimentícia monocomponente fibrorreforçada para a reparação e proteção de sistemas de esgotos**



## **CAMPOS DE APLICAÇÃO**

Reparação do betão degradado em estações de tratamento de águas residuais urbanas.  
Reparação e proteção de betão realizado em obra ou pré-fabricado, em redes de esgotos e em estações de tratamento de águas residuais.

### **Alguns exemplos de aplicação**

- Revestimento anticorrosivo para interiores de tanques em betão, degradado pela agressão química de águas residuais urbanas ou mistas urbano/industriais.
- Revestimento antiácido e antidesgaste de coletores e sistemas de esgotos em betão armado para o transporte de águas residuais com elevado conteúdo de elementos sólidos em suspensão.
- Execução ou reconstrução de revestimentos impermeáveis de sistemas de esgotos.
- Enchimento rígido de juntas de elementos em betão pré-fabricado (caixas de visitas).
- Enchimento rígido de juntas de construção em vazamentos de betão para tanques e coletores de esgotos.

## **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

**Sewament 10** é uma argamassa pré-misturada em pó, composta por ligantes hidráulicos especiais, inertes selecionados em curva granulométrica, aditivos especiais e fibras sintéticas, segundo uma fórmula desenvolvida pelos laboratórios de investigação MAPEI.

Após a mistura com água, **Sewament 10** transforma-se numa argamassa de consistência tixotrópica, fácil de trabalhar, quer manualmente, quer por projeção com máquina, por pelo menos 45 minutos à temperatura de +23°C.

**Sewament 10** pode ser aplicado numa espessura

máxima de 20 mm por camada. Espessuras maiores devem ser executadas em mais demãos.

Graças à sua composição **Sewament 10** resiste à agressão química produzida pelo ácido-sulfúrico derivado da oxidação bacteriana do ácido-sulfídrico, derivado da fermentação anaeróbica dos resíduos domésticos e industriais.

A elevada resistência à agressão química, não habitual numa argamassa cimentícia, foi confirmada e certificada pelo Departamento de Microbiologia do Instituto de Botânica da Universidade de Hamburgo, que submeteu **Sewament 10** a condições de agressividade oito vezes superiores em relação aquelas que, geralmente, se verificam nos sistemas de esgotos de uma grande cidade industrial.

Os testes acelerados, que duraram nove meses, foram executados em câmaras biológicas capazes de reproduzir as condições de acidez, fruto da inoculação de bactérias (*Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus neaplitanus*, *Thiobacillus novellus*, *Thiobacillus intermedius*) isoladas de um sistema de tratamento de esgotos muito corroído. Os resultados obtidos confirmaram que **Sewament 10** é indicado para a reparação de sistemas de esgotos degradados, e pode ser aplicado manualmente ou por projeção.

## **AVISOS IMPORTANTES**

- Não aplicar **Sewament 10** sobre superfícies lisas.
- As superfícies em betão devem ter rugosidade, criada por ação mecânica, antes da aplicação da argamassa.
- Não adicionar cimento ou aditivos ao **Sewament 10**.
- Não utilizar água a mais daquela prescrita.
- Evitar a mistura manual do **Sewament 10**. Uma homogeneização não cuidadosa dos componentes pode comprometer as características finais.



# Sewament 10

Prismas de argamassa após imersão em ácido sulfúrico a um pH 0



Argamassa de referência segundo as "Diretivas para o controlo das argamassas utilizadas nos sistemas de esgotos"



Sewament 10

- Não adicionar água à argamassa após ter iniciado a fase de presa.
- Não utilizar **Sewament 10** para reparações mediante vazamento em cofragens (utilizar **Mapegrout Colabile**).

## MODO DE APLICAÇÃO

### Preparação do suporte

Remover completamente o betão deteriorado e em fase de destacamento, mediante a utilização de meios mecânicos como fresagem ou com hidrodemolição, até conseguir um suporte são, compacto e resistente. A espessura correta a remover deve ser definida depois ter realizado ensaios em obra. Recomenda-se remover também eventuais materiais utilizados em intervenções de reparação anteriores, sempre que não aderentes. O suporte em betão deverá, também, ser completamente libertado de substâncias estranhas como óleos, gorduras, pinturas velhas ou revestimentos poliméricos e rebocos. Os ferros de armadura corroídos e à vista deverão ser limpos da ferrugem mediante jacto de areia.

O jacto de areia poderá ser evitado se a preparação da superfície for executada com hidro-demolição uma vez que esta técnica garante uma limpeza adequada do suporte e dos ferros de armadura.

Após a preparação, o suporte deverá apresentar-se áspero com uma rugosidade de pelo menos 5 mm e uma resistência à tração de pelo menos 1,5 MPa.

Proteger os ferros de armadura com **Mapefer**, argamassa bicomponente protetora anti corrosiva e alcalinizante, ou com **Mapefer 1K**, argamassa monocomponente, seguindo as instruções de aplicação descritas nas respetivas fichas técnicas.

Esperar a secagem do **Mapefer** ou **Mapefer 1K** e, a seguir, molhar o suporte até saturação com água. Antes de proceder com o ciclo de reparação, esperar a evaporação da água em excesso. Para facilitar a eliminação da água livre, utilizar, se necessário, ar comprimido.

### Reparação mediante aplicação do **Sewament 10** por projeção

**Sewament 10** pode ser aplicado diretamente sobre o suporte saturado, com superfície seca, sem utilizar qualquer primário de aderência.

### Reparação mediante aplicação manual do **Sewament 10**

Antes de proceder à reparação com **Sewament 10** é necessário aplicar com pincel ou projeção, com ferramentas adequadas, **Sewament 3 Primer**, argamassa adesiva monocomponente. Para a preparação, consultar atentamente a respetiva ficha técnica.

### Preparação do **Sewament 3 Primer**

Misturar um saco de 25 kg de **Sewament 3 Primer** com cerca de 5,1 l de água (0,200 l de água para cada kg de pó).

Para a preparação, verter num recipiente limpo cerca de 3,8 l de água, adicionar lentamente e sob agitação contínua um saco de 25 kg do **Sewament 3 Primer**.

Misturar com um berbequim, equipado com agitador em aletas, por alguns minutos. Remover os restos de pó não perfeitamente dispersos no fundo e paredes do recipiente, adicionar a água remanescente e misturar até obter uma argamassa homogénea e sem grumos.

### Preparação do **Sewament 10**

Misturar um saco de 25 kg de **Sewament 10** com 3,5-3,75 l de água limpa.

Para a preparação, verter numa betoneira cerca de 2/3 de água necessária para a mistura (2,3-2,5 l para cada saco de 25 kg), adicionar o pó lentamente e sob agitação. Misturar por alguns minutos, remover os restos de pó não perfeitamente dispersos, adicionar a água remanescente (1,2-1,25 l de água para cada embalagem da mistura) e misturar novamente até obter uma argamassa homogénea e sem grumos.

Se as quantidades a preparar forem mínimas, **Sewament 10** pode também ser preparado com um berbequim equipado com um agitador.

### Aplicação por projeção

A aplicação de **Sewament 10** mediante máquina de rebocar, sobre suporte bem áspero e saturado à superfície seca, não requer previamente a aplicação de **Sewament 3 Primer**. No caso de suportes muito irregulares aconselha-se realizar primeiro o enchimento preventivo das maiores irregularidades e depois, para alcançar a espessura final requerida, espalhar uma ou mais camadas numa espessura uniforme. Para garantir uma boa aderência entre as várias camadas, é oportuno aplicar a seguinte sobre a precedente ainda não completamente endurecida.

Se a espessura a realizar for superior a 30 mm, é indispensável inserir uma rede de reforço oportunamente distanciada do suporte. Acabar a superfície com uma talocha de esponja ou com uma espátula lisa.

### Aplicação manual

Aplicar **Sewament 3 Primer** a pincel ou por projeção numa espessura de cerca de 1 mm sobre o suporte saturado à superfície seca.

**Sewament 10** deve ser aplicado com colher de pedreiro ou com espátula, sobre **Sewament 3 Primer**, ainda fresco. Pressionar a argamassa sobre o suporte com colher de pedreiro e eventualmente passar uma espátula lisa sobre a superfície. Finalizar a superfície com uma talocha de esponja. Com **Sewament 10** realizam-se espessuras de 10-20 mm numa única camada. Espessuras superiores podem ser efetuadas aplicando a argamassa em mais camadas. Para garantir uma boa aderência entre as várias camadas, é oportuno aplicar a seguinte sobre a precedente ainda não completamente endurecida.

Caso a primeira camada esteja completamente endurecida, é necessário repetir a aplicação de **Sewament 3 Primer**. Se a espessura a realizar for superior a 30 mm, é indispensável inserir uma rede de reforço oportunamente distanciada do suporte.

Em função da textura requerida, finalizar a superfície com uma talocha de esponja ou com uma espátula lisa.

### NORMAS A OBSERVAR DURANTE E APÓS A COLOCAÇÃO EM OBRA

Nenhumas precauções particulares devem ser tomadas com temperaturas oscilando os +20°C. Na estação quente é oportuno não expor o material ao sol, protegendo-o e armazenando-o em local fresco. Com baixas temperaturas aconselha-se armazenar o produto em local aquecido.

Após a aplicação, **Sewament 10** deve ser

## DADOS TÉCNICOS (valores típicos)

### DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

Consistência:	pó
Cor:	cinzento
Massa volúmica aparente (kg/dm³):	1.3 ± 0.1
Dimensão máxima do agregado (mm):	2
Resíduo sólido (%):	100

### DADOS APLICATIVOS (a +23°C - 50% H.R.)

Relação da mistura:	3,5-3,75 l de água para 25 kg de <b>Sewament 10</b> (100 partes de pó com 14-15 partes de água)
Consistência:	plástica
Espalhamento (%):	70-80
Massa volúmica da mistura (kg/dm³):	2.1
pH:	> 12
Temperatura de aplicação:	de +5°C a +30°C
Tempo de trabalhabilidade: - a +5°C: - a +23°C: - a +30°C:	60 minutos 45 minutos 30 minutos
Espessura máxima aplicável por camada (mm):	20

### CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA ENDURECIDA

Resistência à compressão a +23°C e 50% de H.R. (MPa): - após 24 horas: - após 7 dias: - após 28 dias:	> 7 > 25 > 35
Resistência à flexão a +23°C e 50% de H.R. (MPa): - após 24 horas: - após 3 dias: - após 7 dias: - após 28 dias:	> 3,0 > 4,0 > 5,0 > 6,0
Resistência à compressão a +10°C e 90% de H.R. (valores utilizados para a colocação em exercício) (MPa): - após 24 horas: - após 3 dias: - após 7 dias:	> 2 > 7 > 15
Resistência à flexão a +10°C e 90% de H.R. (valores utilizados para a colocação em exercício) (MPa): - após 24 horas: - após 3 dias: - após 7 dias:	> 0,5 > 3,0 > 4,0
Tempo para a colocação em exercício: - a +5°C: - a +10°C: - a +20°C:	10 dias 7 dias 3 dias
Aderência direta ao betão a +23°C e 50% de H.R. (MPa): - Sewament 10 foi aplicado à mão sobre um suporte tratado com Sewament 3 Primer (após 28 dias): - Sewament 10 foi aplicado por projeção diretamente sobre betão não tratado com Sewament 3 Primer (após 28 dias):	> 1,5 > 1,5
Aderência direta ao betão a +10°C e 90% de H.R. (MPa): Sewament 10 foi aplicado à mão sobre um suporte tratado com Sewament 3 Primer - após 3 dias: - após 7 dias:	> 1,0 > 1,5
Sewament 10 foi aplicado à mão sobre um suporte tratado com Sewament 3 Primer (MPa): - após 3 dias: - após 7 dias:	> 1,0 > 1,5



# Sewament 10



Acabamento de superfícies reparadas com Sewament 10 aplicado por projeção

curado com cuidado para evitar que a rápida evaporação de água possa causar fissurações superficiais devido a retração plástica. Nebulizar água sobre a superfície de **Sewament 10** após o fim da presa e durante as primeiras 24 horas de endurecimento ou em alternativa, espalhar imediatamente após o acabamento. **Mapecure E** ou **Mapecure S**, respetivamente agentes de cura filmógenos à base de água ou em solventes. Os agentes de cura impedem a aderência de qualquer revestimento seguinte. Se for prevista uma proteção final, recomenda-se remover **Mapecure E** ou **Mapecure S** mediante lavagem com jacto de areia ou jacto de água à pressão.

#### Limpeza

A argamassa, ainda não endurecida, pode ser removida das ferramentas utilizadas lavando-as com água limpa. Uma vez endurecido, **Sewament 10** pode ser removido apenas mecanicamente.

#### CONSUMO

Cerca de 18,5 kg/m<sup>2</sup> por cm de espessura.

#### EMBALAGENS

Sacos de 25 kg.

#### ARMAZENAGEM

**Sewament 10**, armazenado nas embalagens originais e fechadas, pode ser conservado em ambiente fresco e seco por 12 meses. Produto conforme as prescrições do Regulamento (CE) N. 1907/2006 (REACH) - Anexo XVII, item 47.

#### INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA PARA A PREPARAÇÃO E COLOCAÇÃO EM EXERCÍCIO

**Sewament 10** contém cimento que, em

contacto com o suor ou outros fluidos do corpo, provoca uma reação alcalina irritante e manifestações alérgicas em sujeitos predispostos. Pode causar danos oculares. Durante a utilização, usar luvas e óculos de proteção e tomar todas as precauções habituais na manipulação de produtos químicos. No caso de contacto com os olhos ou a pele, lavar imediatamente com água abundante e consultar o médico. Para ulteriores e completas informações acerca da utilização segura do produto, recomenda-se de consultar a última versão da Ficha de Segurança.

PRODUTO PARA USO PROFISSIONAL.

#### ADVERTÊNCIA

*As informações e prescrições acima descritas, embora correspondendo à nossa melhor experiência, devem considerar-se, em todos os casos, como puramente indicativas e devem ser confirmadas por aplicações práticas exaustivas; portanto, antes de aplicar o produto, quem tencione dele fazer uso é obrigado a determinar se este é ou não adequado à utilização prevista, assumindo todavia toda a responsabilidade que possa advir do seu uso.*

Consultar sempre a versão atualizada da ficha técnica, disponível no nosso site [www.mapei.com](http://www.mapei.com)

As referências relativas a este produto estão disponíveis a pedido e no site da Mapei [www.mapei.pt](http://www.mapei.pt) ou [www.mapei.com](http://www.mapei.com)



O PARCEIRO MUNDIAL DOS CONSTRUTORES

## Ficha Técnica

codigo:  
**KT10**

### ERGELIT- KT 10

Descrição do produto	<p>Argamassa mono-componente inorgânica para revestimento de protecção anti-corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contacto com águas agressivas, residuais e potáveis, aplicação direta em piscinas adicionando pigmentos diversos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometria: &lt; 1 mm</li> <li>Consistencia: plástica e tixotrópica</li> </ul>
Áreas de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para estruturas novas ou reabilitação, aplicação em betão e alvenaria, selagem de fissuras &gt; a 2 mm, aplicação em condutas, caixas de visita, Etas e Etares, pilares e sapatés de pontes viadutos, etc.</li> <li>Como protecção contra efluente doméstico e industrial com PH entre 3,5 a 14</li> <li>Utilizado de acordo com a EN 206 para as classes de exposição XA3 (ambientes com agressivo ataque químico)</li> <li>Classe II de acordo com a directriz para testar argamassas para uso na construção em saneamento, edição 2001.</li> <li>De acordo com requisitos XWW3 da Norma DIN 19573</li> <li>Para contato com água potável de acordo com a entidade DVGW W 270, W 347, EN ISO/IEC 17025:2005</li> <li>Teste certificado de porosidade inferior a 6 % Norma CSN EN 480-11</li> <li>Para selagem de água em pressão positiva e negativa em infraestruturas (2 Bar absorção 0,2 mm)</li> <li>Aplicação como revestimento em água residual e água potável</li> <li>Aplicação em depósitos, tanques e piscinas de betão</li> </ul>
Embalagens	Sacos de 25 kg
Armazenagem	12 Meses em ambiente seco sem exposição solar
Consumo	Em média, aproximadamente 2,1 kg por mm/m <sup>2</sup>
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser aplicado manualmente ou com equipamento</li> <li>Pode ser colocado em serviço após 24 horas, com adição do produto Ergelit 10S special pode ser acelerado e estar em serviço após 60 minutos</li> <li>Excelente adesão (depende do estado da superfície)</li> <li>Rebound mínimo quando aplicada por projecção</li> <li>Tempo de trabalhabilidade longo</li> <li>Alta resistência a sulfatos e cloretos, temperatura até 100°C</li> <li>Resistente ao gelo e degelo e aos sais</li> <li>Impermeável a água, água do mar.</li> </ul>

Valores de resistencia mecanica:

A 20 °C (293K)

Usando uma relação de 0,12 %

de água (EN 196)

**Após** **Resistencia à compressão**

1 Dia Aprox. 10 N/mm<sup>2</sup>

7 Dias Aprox. 30 N/mm<sup>2</sup>

28 Dias Aprox. 50 N/mm<sup>2</sup>



## Aplicação:

### Preparação da base:

A base pode ser em betão, aço ou tijolo, devem ser removidos todos os defeitos da superfície, sujidade, óleo e todas as partículas soltas, a base deve ser previamente preparada com hidro-decapagem, mó diamantada ou jacto de areia de forma a ser removida na totalidade toda a nata superficial do betão, todas as áreas de contacto com a argamassa ERGELIT devem estar previamente húmidas sem apresentar água em excesso.

### Mistura:

Misturar a argamassa somente com água com a ajuda de um misturador duplo para argamassas.

- 3 a 5 minutos de tempo de mistura
- Relação de água/sólido cerca de 10 % mínimo e 12 % máximo
- Aproximadamente 3,25 litros de água por saco de 25 kg dependendo da consistência necessária

Deve colocar uma percentagem da água necessária dentro do balde de mistura, de seguida coloca a argamassa em pó e adiciona a restante quantidade de água. A quantidade de água não deve ser excedida.

### Primário de aderência

Quando aplicado manualmente, o produto ERGELIT KT 10 deve ser aplicado energeticamente como primário de aderência com a ajuda de uma trincha para garantir uma boa aderência do sistema à base. Para esta aplicação o produto deve apresentar uma consistência plástica cremosa.

### Aplicação

Quando a argamassa ERGELIT KT 10 é utilizada como enchimento e revestimento horizontal, podem ser adicionados enertes devidamente dimensionados e humedecidos. A argamassa deve ser misturada somente quando utilizada. Quando utilizado como revestimento, ERGELIT KT 10 deve ser aplicado directamente no betão previamente humedecido. O produto ERGELIT KT 10 pode ser aplicado com equipamento de projecção normal, também com o nosso sistema de 360° M-COATING System. Deve ser apertada com talocha metálica, de seguida fechada com esponja e acabada com uma talocha metálica lisa. Por aplicação de via seca devem ser feitos testes antecipadamente.

### Tempo de aplicação:

Aprox. 60 Minutos (depende da quantidade de água, da temperatura ambiente e do produto)

### Espessura

Por camada mínimo 2,5 mm, espessura mínima de 3 mm e máximo 40 mm. Mesmo em tectos com boas condições. Espessura máxima total para enchimentos até 150 mm.

### Tratamento final

As superfícies devem ser protegidas de uma desidratação rápida durante o seu processo de cura, devem ser utilizados plásticos ou agentes de cura recomendados por nós.

### Nota:

As informações desta ficha técnica são simplesmente descrições do produto. São indicações com base na nossa experiência e tecnologia tal como em testes de acordo com as condições das normas. Significa que valores e análises podem ser facultados. Podem ocorrer algumas variações nos produtos entregues. As informações dadas devem ser cumpridas durante a aplicação do produto, uma vez que não temos controlo das condições do local ou métodos de aplicação os usuarios finais são os responsaveis pela aplicação e o resultado do produto.



## Ficha Técnica

codigo:  
**KS2bL**

### ERGELIT- KS 2b L

Descrição do produto	Argamassa mono-componente para revestimento de protecção anti-corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contacto com H <sub>2</sub> S <ul style="list-style-type: none"><li>Granulometria: &lt; 2 mm</li><li>Consistencia: plástica e tixotrópica</li></ul>
Áreas de aplicação	<ul style="list-style-type: none"><li>Para estruturas novas ou reabilitação, aplicação em betão e alvenaria, depósitos e elementos pré-fabricados</li><li>Reparação de condutas</li><li>Perante a DWA M 211 com exposição classe XBSK; Classe exposição XWW4 conforme DIN 19573.</li><li>Resistência à corrosão de ácido sulfúrico biogénico* com 155 ppm constante e picos de 400 ppm (resultado de acordo com testes e referências comprovadas - Certificado de ensaio TUHH com pH0 e pH1).</li><li>Alta resistência a tiobacilos</li><li>Pode ser aplicado por com equipamento em longas distâncias (bomba)</li></ul> <p>*medir as ppm constantes sem ventilação antes de submeter o produto</p>
Embalagens	Sacos de 25 kg
Armazenagem	12 Meses em ambiente seco sem exposição solar
Consumo	Em média, aproximadamente 2,1 kg por mm/m <sup>2</sup>
Características	<ul style="list-style-type: none"><li>Pode ser aplicado manualmente ou com equipamento</li><li>Pode ser colocado em serviço após 6 horas a 30°C</li><li>Pode ser colocado em serviço após 24 horas a 10°C</li><li>Excelente adesão (depende do estado da superfície)</li><li>Rebound mínimo de 3 % quando aplicada por projecção</li><li>Alcalino, sem fixação de tiobacilos</li><li>Alta resistência à abrasão</li><li>Alta resistência a sulfatos e ácido sulfúrico biogénico</li><li>Resistente ao gelo e degelo e aos sais</li><li>Impermeável a água</li><li>Resistente a efluentes com temp. entre 90°C e 100°C</li></ul>

Valores de resistência mecânica:

A 20 °C (293K)

Usando uma relação de 0,16 %

de água (EN 196)

Após	Resistência à compressão
1 Dia	Aprox. 40 N/mm <sup>2</sup>
3 Dias	Aprox. 45 N/mm <sup>2</sup>
28 Dias	Aprox. 50 N/mm <sup>2</sup>

## Aplicação:

Preparação da base:	A base pode ser em betão, aço ou tijolo, devem ser removidos todos os defeitos da superfície, sujidade, óleo e todas as partículas soltas, a base deve ser previamente preparada com hidro-decapagem, mó diamantada ou jacto de areia de forma a ser removida na totalidade toda a nata superficial do betão, todas as áreas de contacto com a argamassa ERGELIT devem estar previamente húmidas sem apresentar água em excesso.
Mistura:	<p>Misturar a argamassa somente com água com a ajuda de um misturador duplo para argamassas.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 3 a 5 minutos de tempo de mistura</li><li>• Relação de água sólido cerca de 15 % mínimo e 17 % máximo</li><li>• Aproximadamente 3,75 litros de água por saco de 25 kg dependendo da consistência necessária</li></ul> <p>Deve colocar uma percentagem da água necessária dentro do balde de mistura, de seguida coloca a argamassa em pó e adiciona a restante quantidade de água. A quantidade de água não deve ser excedida.</p>
Primário de aderência	Quando aplicado manualmente, o produto ERGELIT KS 2b L deve ser aplicado energeticamente como primário de aderência com a ajuda de uma trincha para garantir uma boa aderência do sistema à base. Para esta aplicação o produto deve apresentar uma consistência plástica cremosa.
Aplicação	A argamassa deve ser misturada somente quando utilizada. Quando utilizado como revestimento, ERGELIT KS 2b L deve ser aplicado directamente no betão previamente humedecido. O produto ERGELIT KS 2b L pode ser aplicado com equipamento de projecção normal, também com o nosso sistema de 360° M-COATING System. Deve ser acabada com uma talocha metálica. Por aplicação de via seca devem ser feitos testes antecipadamente.
Tempo de aplicação:	Aprox. 60 minutos (depende da quantidade de água, da temperatura ambiente e do produto)
Espessura	Por camada; mínimo 6 mm e máximo 40 mm. Mesmo em tectos com boas condições. Espessura máxima total para enchimentos até 150 mm.
Tratamento final	As superfícies devem ser protegidas de uma desidratação rápida durante o seu processo de cura, devem ser utilizados plásticos ou agentes de cura recomendados por nós.
Nota:	As informações desta ficha técnica são simplesmente descrições do produto. São indicações com base na nossa experiência e tecnologia tal como em testes de acordo com as condições das normas. Significa que valores e análises podem ser facultados. Podem ocorrer algumas variações nos produtos entregues. As informações dadas devem ser cumpridas durante a aplicação do produto, uma vez que não temos controlo das condições do local ou métodos de aplicação os usuarios finais são os responsaveis pela aplicação e o resultado do produto.



## Ficha Técnica

codigo:  
**KS2**

### ERGELIT- KS 2

Descrição do produto	Argamassa mono-componente para revestimento de protecção anti-corrosão para reabilitação e execução em estruturas em contacto com águas <ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometria: &lt; 1 mm</li> <li>Consistencia: plástica e tixotrópica</li> </ul>
Áreas de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para estruturas novas ou reabilitação, aplicação em betão e alvenaria, depósitos e elementos pré-fabricados, reparação de condutas</li> <li>Como protecção contra efluente doméstico com PH entre 3 a 12, também H<sub>2</sub>S em curtos espaços de tempo a baixas concentrações (ppm 10 a 40 Max).*</li> <li>Classe II de acordo com a directriz para testar argamassas para uso na construção em saneamento, edição 2001.</li> <li>De acordo com requisitos XWW4 da Norma DIN 19573</li> <li>Protecção contra efluentes que contenham sulfatos, magnésio, óleos, gasolinas, gasoleos, amoníaco</li> <li>Utilizado de acordo com a EN 206 para as classes de exposição XA3 (ambientes com agressivo ataque químico)</li> <li>Para selagem de água em pressão em infra-estruturas</li> <li>Aplicação como revestimento em água residual e água potável perante a DVGW folha W 347</li> </ul> <p style="text-align: right;">* (Obrigatório consultar o Departamento Técnico)</p>
Embalagens	Sacos de 25 kg
Armazenagem	12 meses em ambiente seco sem exposição solar
Consumo	Em média, aproximadamente 2,1 kg por mm/m <sup>2</sup>
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser aplicado manualmente ou com equipamento</li> <li>Pode ser colocado em serviço após 4 horas a 10°C</li> <li>Excelente adesão (depende do estado da superfície)</li> <li>Rebound mínimo de 3 % quando aplicada por projecção</li> <li>Alta resistência à abrasão e a sulfatos</li> <li>Resistente ao gelo e degelo e aos sais</li> <li>Impermeável a água e alcalino</li> <li>Resistente a efluentes com temp. entre 90°C e 100°C</li> </ul>

Valores de resistencia mecanica:

A 20 °C (293K)

Usando uma relação de 0,18 %

de água (EN 196)

**Após** **Resistencia à compressão**

2 Horas

Aprox. 3 N/mm<sup>2</sup>

24 Horas

Aprox. 15 N/mm<sup>2</sup>

3 Dias

Aprox. 20 N/mm<sup>2</sup>

28 Dias

Aprox. 40 N/mm<sup>2</sup>

## Aplicação:

### Preparação da base:

A base pode ser em betão, aço ou tijolo, devem ser removidos todos os defeitos da superfície, sujidade, óleo e todas as partículas soltas, a base deve ser previamente preparada com hidro-decapagem, mó diamantada ou jacto de areia de forma a ser removida na totalidade toda a nata superficial do betão, todas as áreas de contacto com a argamassa ERGELIT devem estar previamente húmidas sem apresentar água em excesso.

### Mistura:

Misturar a argamassa somente com água com a ajuda de um misturador duplo para argamassas.

- 3 a 5 minutos de tempo de mistura
- Relação de água/sólido cerca de 16 % mínimo e 18 % máximo
- Aproximadamente 4 litros de água por saco de 25 kg dependendo da consistência necessária

Deve colocar uma percentagem da água necessária dentro do balde de mistura, de seguida coloca a argamassa em pó e adiciona a restante quantidade de água. A quantidade de água não deve ser excedida.

### Primário de aderência

Quando aplicado manualmente, o produto ERGELIT KS 2 deve ser aplicado energeticamente como primário de aderência com a ajuda de uma trincha para garantir uma boa aderência do sistema à base. Para esta aplicação o produto deve apresentar uma consistência plástica cremosa.

### Aplicação

Quando a argamassa ERGELIT KS 2 é utilizada como enchimento e revestimento horizontal, podem ser adicionados enertes devidamente dimensionados e humedecidos. A argamassa deve ser misturada somente quando utilizada. Quando utilizado como revestimento, ERGELIT KS 2 deve ser aplicado directamente no betão previamente humedecido. O produto ERGELIT KS 2 pode ser aplicado com equipamento de projecção normal, também com o nosso sistema de 360° M-COATING System. Deve ser acabada com uma talocha metálica. Por aplicação de via seca devem ser feitos testes antecipadamente.

### Tempo de aplicação:

Aprox. 30 Minutos (depende da quantidade de água, da temperatura ambiente e do produto)

### Espessura

Por camada; mínimo 3 mm e máximo 40 mm. Mesmo em tectos com boas condições. Espessura máxima total para enchimentos até 150 mm.

### Tratamento final

As superfícies devem ser protegidas de uma desidratação rápida durante o seu processo de cura, devem ser utilizados plásticos ou agentes de cura recomendados por nós.

### Nota:

As informações desta ficha técnica são simplesmente descrições do produto. São indicações com base na nossa experiência e tecnologia tal como em testes de acordo com as condições das normas. Significa que valores e análises podem ser facultados. Podem ocorrer algumas variações nos produtos entregues. As informações dadas devem ser cumpridas durante a aplicação do produto, uma vez que não temos controlo das condições do local ou métodos de aplicação os usuarios finais são os responsaveis pela aplicação e o resultado do produto.